

# Frictie op de arbeidsmarkt door de energietransitie: een modelverkenning

Citation for published version (APA):

Weterings, A. B. R., Bakens, J., Ivanova, O., & Fouarge, D. (2019). *Frictie op de arbeidsmarkt door de energietransitie: een modelverkenning*. Planbureau voor de Leefomgeving (PBL). ROA External Reports

## Document status and date:

Published: 01/01/2019

## Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

## Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

## General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

[www.umlib.nl/taverne-license](http://www.umlib.nl/taverne-license)

## Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

[repository@maastrichtuniversity.nl](mailto:repository@maastrichtuniversity.nl)

providing details and we will investigate your claim.



# FRICTIE OP DE ARBEIDSMARKT DOOR DE ENERGIETRANSITIE: EEN MODELVERKENNING

**Anet Weterings (PBL), Jessie Bakens (ROA),  
Olga Ivanova (PBL) en Didier Fouarge (ROA)**

**8 april 2019**

PBL

## **Frictie op de arbeidsmarkt door de energietransitie: een modelverkenning**

© PBL Planbureau voor de Leefomgeving

© Researchcentrum voor Onderwijs en Arbeidsmarkt (ROA)

Den Haag/Maastricht, 2019

PBL-publicatienummer: 3438

### **Contact**

Anet Weterings [anet.weterings@pbl.nl]

### **Auteurs**

Anet Weterings, Jessie Bakens, Olga Ivanova & Didier Fouarge

### **Redactie figuren**

Beeldredactie PBL

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Weterings, A. et al. (2019), *Frictie op de arbeidsmarkt door de energietransitie: een modelverkenning*, Den Haag: PBL/Maastricht: ROA.

Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) is het nationale instituut voor strategische beleidsanalyses op het gebied van milieu, natuur en ruimte. Het PBL draagt bij aan de kwaliteit van de politiek-bestuurlijke afweging door het verrichten van verkenningen, analyses en evaluaties waarbij een integrale benadering vooropstaat. Het PBL is vóór alles beleidsgericht. Het verricht zijn onderzoek gevraagd en ongevraagd, onafhankelijk en wetenschappelijk gefundeerd.

Het Researchcentrum voor Onderwijs en Arbeidsmarkt (ROA) is opgericht in 1986 en is verbonden aan de School of Business and Economics van de Universiteit Maastricht. Het ROA beoogt door onderzoek het inzicht in de relaties tussen onderwijs en arbeidsmarkt te vergroten. Het onderzoeksterrein van het ROA is de verwerving (in onderwijs en andere leersituaties) en depreciatie van menselijk kapitaal gedurende de levensloop in relatie tot de dynamiek die zich voordoet op de arbeidsmarkt.

# Inhoud

SAMENVATTING 4

Inleiding 5

Studies naar arbeidsmarkteffecten van de energietransitie 7

Modelopzet 10

- Energiesysteemmodel 10

- Multiregionale input-outputanalyse 11

- Arbeidsmarktprognosemodel 13

Illustratie van de resultaten 17

- Ingeschatte investeringen met en zonder energietransitie 18

- Veranderingen in de vraag naar arbeid 19

- Discrepantie tussen vraag en aanbod 22

Aanvullingen voor toepassing bij het Klimaatakkoord 25

- Benodigde informatie voor een Klimaatakkoord-scenario 25

- Nadere uitwerking van het model 26

Verminderen van de knelpunten en de rol van beleid 29

Bijlagen 33

Literatuur 48

# SAMENVATTING

Dit rapport beschrijft hoe de modellen uit de PBL-quickscan 'Effecten van de energietransitie op de regionale arbeidsmarkt' kunnen worden gekoppeld aan het arbeidsmarktprognosemodel van ROA. We leggen daarmee een basis voor een model waarmee kan worden verkend in welke sectoren, beroepen en opleidingen knelpunten op de arbeidsmarkt kunnen ontstaan als gevolg van de energietransitie, die wordt nagestreefd in het Klimaatakkoord. Ten tijde van het schrijven van dit rapport was het Klimaatakkoord nog onvoldoende uitgewerkt om de precieze effecten van dit akkoord op de arbeidsmarkt te kunnen verkennen. Daarom illustreren we de inzichten die het model biedt aan de hand van een zelf ontwikkeld scenario voor de energietransitie in de komende jaren.

Het PBL-ROA-model is bedoeld voor het verkennen van de korte- en middenlangetermijneffecten van keuzes in het energietransitiebeleid (zoals wat voor type investeringen worden gestimuleerd, timing van die investeringen en met welke beleidsinstrumenten) op de aansluiting tussen vraag en aanbod op de arbeidsmarkt. Zo ontstaat tijdig inzicht in waar (sectoren, beroepen en opleidingen) arbeidstekorten of -overschotten kunnen ontstaan. Dit draagt bij aan afwegingen over de invulling van het energietransitiebeleid en – indien dat nodig wordt geacht – inzicht in waar aanvullend arbeidsmarktbeleid kan bijdragen aan het verminderen van eventuele knelpunten.

Om met dit model nader inzicht te kunnen geven in de gevolgen van het Klimaatakkoord voor de frictie op de arbeidsmarkt, is aanvullende informatie nodig. Enerzijds betreft dit meer gedetailleerde informatie over de invulling van het Klimaatakkoord: wat zijn de beoogde investeringen voor de komende jaren, hoe worden deze gefinancierd en door wie, en welke beleidsinstrumenten zullen worden ingezet? Anderzijds kan het model op verschillende manieren verder worden verfijnd wat de inzichten kan vergroten. Dit laatste vereist aanvullend empirisch onderzoek.

Voor een beleid gericht op de aanpak van eventuele knelpunten die uit het model naar voren komen, zijn een aantal aanvullende afwegingen nodig. Frictie op de arbeidsmarkt betekent niet automatisch dat er aanvullend beleid nodig is voor het realiseren van de afspraken in het Klimaatakkoord. Dit hangt af van de mate van frictie en in hoeverre bedrijven en arbeidskrachten hun gedrag kunnen en zullen aanpassen in reactie op de ontstane knelpunten en of deze aanpassingen voldoende zijn om de verwachte knelpunten op te lossen.

# Inleiding

In het Klimaatakkoord van Parijs uit 2015 heeft Nederland samen met vele andere landen afgesproken de mondiale opwarming te beperken. Om dit te bereiken wil het Kabinet Rutte III in 2030 de uitstoot van broeikasgassen terugdringen met ten minste 49 procent ten opzichte van het niveau van 1990. Dit vergt een transitie van het energiesysteem naar veel minder afhankelijkheid van fossiele brandstoffen en meer gebruik van hernieuwbare energiebronnen.<sup>1</sup> In 2018 hebben verschillende partijen (overheid, marktpartijen, NGOs) met elkaar besproken hoe dit kan worden bereikt. Hun afspraken zijn vastgelegd in het 'Ontwerp van het Klimaatakkoord' dat op 21 december 2018 is verschenen.

De uitvoering van de afspraken in het Klimaatakkoord zal leiden tot veranderingen in de productie van goederen en diensten en daarmee tot veranderingen in de vraag naar arbeid. In sommige sectoren, beroepen of opleidingen zal de vraag stijgen, terwijl elders de vraag kan dalen. Als de arbeidskrachten die nodig zijn voor de uitvoering van het Klimaatakkoord niet beschikbaar zijn, kan dit de kabinetsdoelstelling om de broeikasgasemissies te reduceren belemmeren.<sup>2</sup> Tegelijkertijd kan de beoogde energietransitie ertoe leiden dat de vraag in sommige beroepen zal dalen en een deel van de werkenden op zoek moet naar ander werk.

Voor een soepel en inclusief verloop van de uitvoering van het Klimaatakkoord is het daarom van belang tijdig inzicht te hebben in waar mogelijke discrepanties tussen vraag en aanbod op de arbeidsmarkt kunnen ontstaan. Deze inzichten dragen bij aan een meer gericht beleid om de mogelijke knelpunten op de arbeidsmarkt te voorkomen of te verminderen. Het 'Ontwerp van het Klimaatakkoord' beoogt daarom een informatiebasis op te bouwen op het terrein van arbeidsmarkt en scholing waarmee de gevolgen van het Klimaatakkoord voor de arbeidsmarkt in de vijf komende jaren kunnen worden verkend.

Momenteel ontbreekt echter een model, dat zo'n verkenning mogelijk maakt. Op verzoek van de Klimaatraad hebben PBL en ROA daarom onderzocht hoe de modellen van de PBL-quickscan naar de energietransitie (Weterings et al. 2018) en het arbeidsmarktprognosemodel van ROA (ROA 2018) kunnen worden gecombineerd. Deze verkennende studie heeft twee doelen. Ten eerste het leggen van een basis voor een model waarmee kan worden verkend in welke sectoren, beroepen en opleidingen discrepantie tussen vraag en aanbod op de arbeidsmarkt kan ontstaan als gevolg van een energietransitiebeleid zoals beoogd in het Klimaatakkoord voor een periode van ongeveer vijf jaar vooruit. En ten tweede aangeven wat voor aanvullende informatie nodig is om het model te gebruiken voor het inzichtelijk maken van de gevolgen van het Klimaatakkoord.

Dit rapport beschrijft hoe de modellen die het PBL en ROA in hun studies gebruiken kunnen worden gekoppeld. We illustreren de inzichten die de modellen dan bieden aan de hand van een mogelijk scenario voor de energietransitie. Ten tijde van het schrijven van dit rapport was het Klimaatakkoord nog onvoldoende uitgewerkt om de effecten van dit akkoord op de arbeidsmarkt te kunnen verkennen.<sup>3</sup> Het PBL-ROA-model vereist een gedetailleerd beeld van

---

<sup>1</sup> De uitstoot van broeikasgassen kan ook nog op andere manieren worden verminderd, maar een verandering van het energiesysteem levert de grootste bijdrage. In dit rapport richten we ons op dat deel.

<sup>2</sup> De uitvoering kan worden vertraagd of de kosten van de uitvoering kunnen stijgen omdat extra investeringen nodig zijn om de arbeidstekorten tijdig op te lossen.

<sup>3</sup> Het is wel mogelijk om de effecten op de arbeidsmarkt van elke nader uitgewerkte afspraak afzonderlijk te analyseren. Dit geeft echter een partieel beeld van de mogelijke discrepantie tussen vraag en aanbod die op de arbeidsmarkt kan ontstaan, omdat de effecten van de uitvoering van twee verschillende afspraken niet los van elkaar hoeven te staan (voor een nadere toelichting zie de paragraaf 'Studies naar arbeidsmarkteffecten van de energietransitie').

de verwachte investeringen in de komende jaren, zowel bij de uitvoering van het Klimaatakkoord als zonder Klimaatakkoord. Om dit te kunnen afleiden uit het 'Ontwerp van het Klimaatakkoord' zijn aanvullende analyses noodzakelijk waarvoor momenteel binnen het PBL geen tijd en capaciteit beschikbaar zijn. Na de illustratie van de mogelijke inzichten die het model biedt gaan we nader in op welke aanvullende informatie nodig is voor een analyse van de arbeidsmarkteffecten van het Klimaatakkoord. Tot slot staan we stil bij welke afwegingen relevant zijn - aanvullend op de inzichten die het model biedt - bij beleidskeuzes over de aanpak van eventuele knelpunten op de arbeidsmarkt.

Voordat we ingaan op de opzet van het PBL-ROA-model, beschrijven we kort de verschillende manieren waarop de gevolgen van de energietransitie voor de arbeidsmarkt kunnen worden onderzocht. Zo wordt duidelijk hoe deze modelverkenning zich verhoudt tot andere studies.

# Studies naar arbeidsmarkt-effecten van de energietransitie

In de economische literatuur kunnen drie typen studies worden onderscheiden naar de gevolgen van de energietransitie op de arbeidsmarkt. Tabel 1 vat deze samen. Zoals deze tabel laat zien heeft elk type studie een ander doel en vraagt het bereiken van dat doel een verschillende aanpak.

**Tabel 1. Type onderzoek naar effecten van de energietransitie op de arbeidsmarkt**

	<b>Werkgelegenheidsfactoren per technologie</b>	<b>Frictie op de arbeidsmarkt op de korte en middellange termijn</b>	<b>Werkgelegenheidseffect op de lange termijn</b>
Doel	Hoeveelheid en type arbeid dat nodig is voor ontwikkeling en implementatie van de benodigde nieuwe technologieën in de direct betrokken sectoren of beroepen	Verandering in de vraag naar arbeid in de economie als geheel (direct en indirect betrokken sectoren) en inzicht in waar knelpunten kunnen ontstaan	Toe- of afname in de totale of sectorale werkgelegenheid op de lange termijn
Aanpak	Casestudies op basis van interviews met experts of micro-data-analyse met gegevens over werknemers die met nieuwe technologieën werken (bijv. opleiding, type vaardigheden)	Input-outputanalyse (vraagbepaald model gebaseerd op samenhang in de productieketen) in combinatie met kortetermijnarbeidsmarktmodel voor verandering in arbeidsaanbod	Algemeen-evenwichtsmodel dat bovenop de input-outputanalyse, ook rekening houdt met beperkingen in toekomstig arbeidsaanbod en loon-, prijs- en technologische veranderingen
Termijn	Afgelopen jaren tot nu	3-5 jaar vooruit	10-30 jaar vooruit
Onzekerheid	Beperkt voor analyses gebaseerd op empirische inzichten, maar groter voor inschattingen van toekomstige veranderingen afhankelijk van de termijn waarover de verwachtingen gaan	Enigszins, uitgangspunt is huidige situatie in productie en op de arbeidsmarkt. Hoe later in de tijd, hoe meer deze zullen veranderen	Groot, veel onzekerheden over toekomstige situatie en de mate en snelheid van aanpassingen op de arbeidsmarkt, daarom veel aannames en/of empirische validatie noodzakelijk
Voorbeelden	Cameron & Van der Zwaan (2015), Sooriyaarachchi et al. (2015), Ligtvoet et al. (2016)	ILO (2018), Mundaca & Markandya (2016), Weterings et al. (2018)	Fragkos & Paroussos (2018), Chateau & Saint-Martin (2013)

Studies naar 'de werkgelegenheidsfactoren per technologie onderzoeken hoeveel en wat voor type arbeidskrachten nodig zijn voor de ontwikkeling en implementatie van de technologieën die nodig zijn voor de energietransitie. Via casestudies worden per technologie de reeds waarneembare veranderingen in de werkzaamheden in elk van de betrokken sectoren of beroepen geanalyseerd. Zo wordt duidelijk in hoeverre de arbeidsintensiteit van het werk in die sectoren of beroepen is veranderd en of werkenden over andere type kennis en vaardigheden moeten beschikken dan voorheen.



De andere twee typen studies verkennen de toekomstige veranderingen op de arbeidsmarkt als gevolg van de energietransitie. Deze verkennende studies zijn gebaseerd op verwachtingen over veranderingen in de vraag naar arbeid door de energietransitie. Voor de onderbouwing van die verwachte veranderingen kan gebruik worden gemaakt van de studies naar de werkgelegenheidsfactoren per technologie. Het gedetailleerde beeld dat die laatste studies geven van hoe de vraag naar arbeid verandert (zowel in kwantitatieve als kwalitatieve zin), draagt bij aan een betere inschatting van waar mogelijke knelpunten op de arbeidsmarkt kunnen ontstaan.

Studies naar 'de frictie op de arbeidsmarkt' verkennen hoe de vraag naar arbeid in alle sectoren en beroepen gaat veranderen door de energietransitie en hoe dit aansluit bij het arbeidsaanbod in de komende jaren. Voor een goed beeld van waar en hoe omvangrijk mogelijke knelpunten kunnen zijn is het van belang alle gevolgen van de energietransitie tegelijk te analyseren waarbij de interacties tussen bedrijfstakken, overheid en consumenten zijn meegenomen. Twee verschillende technologieën kunnen om vergelijkbare arbeidskrachten vragen waardoor de vraag naar dit type arbeid sterker stijgt dan wanneer uitgegaan wordt van een analyse voor elke technologie afzonderlijk. Ook heeft de energietransitie niet alleen gevolgen in de direct betrokken sectoren (zoals bedrijven die zonnepanelen maken of installeren), maar zijn de gevolgen via de productieketen ook merkbaar in toeleverende sectoren. Door alle veranderingen in de vraag naar arbeid af te zetten tegen de verwachte veranderingen in het arbeidsaanbod, ontstaat een compleet beeld van hoe vraag en aanbod de komende jaren op elkaar aansluiten en waar eventuele knelpunten kunnen ontstaan.

Het laatste type studies verkent de werkgelegenheidseffecten van de energietransitie op de lange termijn. Deze studies houden naast de verandering in de vraag naar arbeid en beperkingen in het arbeidsaanbod ook rekening met prijsveranderingen waaronder het loon, veranderingen in de vraag naar producten en arbeid als een gevolg hiervan, en mogelijke gedragsveranderingen, zowel door de energietransitie als in reactie op de eventuele knelpunten op de arbeidsmarkt die daardoor ontstaan. Een verandering in de vraag naar arbeid betekent niet automatisch dat het totale aantal banen toe- of afneemt. Als bijvoorbeeld de vraag naar arbeid stijgt dan gaan werkgevers op zoek naar nieuwe werknemers, maar pas als ze deze ook vinden ontstaan er daadwerkelijk nieuwe banen. Beperkingen in het arbeidsaanbod, zowel in kwantitatief als kwalitatief opzicht, kunnen ertoe leiden dat niet alle nieuwe arbeidsplaatsen kunnen worden vervuld waardoor werkgevers hun vraag, bijvoorbeeld in kwalitatieve zin, kunnen aanpassen of andere arbeidsbesparende investeringen kunnen doen. Naast werkgevers zullen ook arbeidskrachten en de overheid hun gedrag aanpassen in reactie op de ontstane discrepantie tussen vraag en aanbod (zie voor een nadere toelichting de laatste paragraaf).

Door al die veranderingen kan op de langere termijn de situatie op de arbeidsmarkt er heel anders uit gaan zien. Voor het verkennen van die toekomstige situatie, rekening houdend met alle mogelijke veranderingen, worden dynamische algemeen-evenwichtsmodellen gebruikt (zie bijvoorbeeld Acemoglu & Restrepo 2019). Deze modellen baseren zich op allerlei verwachtingen over de gevoeligheid van de betrokken actoren op eventuele prijswijzigingen en hun mogelijke veranderingen in gedrag (voor een uitgebreidere toelichting zie CPB/PBL 2018). Voor de onderbouwing van die aannames kan onder andere gebruik worden gemaakt van empirische analyses van het gedrag van alle betrokken actoren bij eerdere transitieën. Op de lange termijn kunnen zich grote technologische en economische veranderingen voordoen die ook van invloed zijn op vraag en aanbod op de arbeidsmarkt en het aanpassingsgedrag van de betrokken actoren. Deze grote veranderingen vallen veelal buiten de bandbreedte waarbinnen empirisch onderbouwde schattingen kunnen worden gegeven. Daarom gebruiken deze studies verschillende scenario's over de toekomstige ontwikkelingen, zodat duidelijk

wordt hoe sterk de verwachte toekomstige werkgelegenheid uiteen kan lopen en daarmee hoe onzeker deze is.

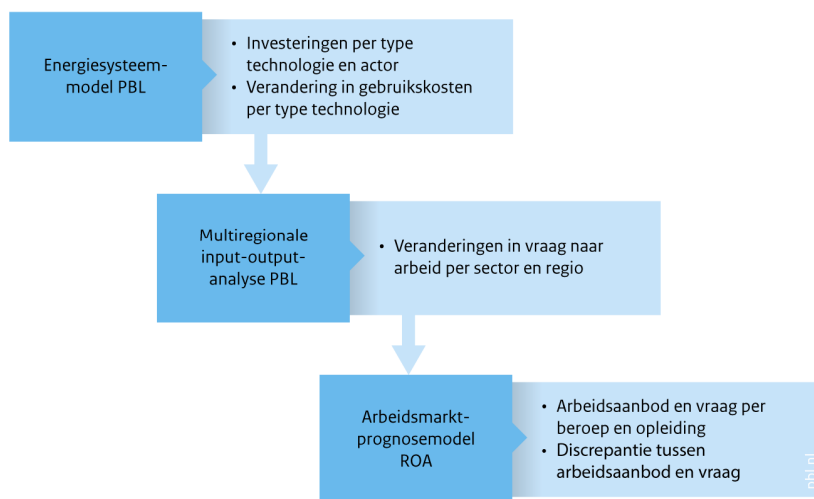
Het PBL-ROA-model behoort tot het tweede type studies. Het is een verkenning van hoe de energietransitie kan leiden tot een veranderende arbeidsvraag in de komende jaren en hoe dit aansluit op het komende arbeidsaanbod. De hier gepresenteerde illustratie van het model heeft betrekking op de periode tot en met 2022. Vanwege beperkingen in tijd en budget, is die illustratie zoveel mogelijk gebaseerd op de ten tijde van dit rapport meest recente prognose van het ROA arbeidsmarktprognosemodel (ROA 2017, 2018). Deze prognose is tot 2022.

# Modelopzet

Het PBL-ROA-model bestaat uit een combinatie van drie modellen, waarbij de resultaten van het ene model de basis vormen voor de analyses van het volgende model (zie figuur 1). De eerste twee modellen – het energiesysteemmodel en de input-outputanalyse – zijn beide ontwikkeld door het PBL en eerder toegepast in de studie 'De effecten van de energietransitie op de regionale arbeidsmarkt: een quickscan' (Weterings et al. 2018). Het derde model, het arbeidsmarktprognosemodel, is ontwikkeld door ROA (zie ROA 2017 voor een technische toelichting). In deze paragraaf beschrijven we kort de werking van elk model, wat voor resultaten de modellen opleveren en hoe deze resultaten zijn verwerkt in het volgende model.

Figuur 1

Opzet PBL-ROA model



Bron: PBL; ROA

## Energiesysteemmodel

Voor het inschatten van de investeringen en de financieringsopgave die samenhangt met de transitie naar een samenleving met veel lagere emissies van broeikasgassen baseert de PBL-quickscan zich op een verkenning die is beschreven in het PBL-rapport 'Investerings energietransitie en financierbaarheid' (Schure et al. 2017). Die verkenning is uitgevoerd met behulp van het binnen het PBL ontwikkelde 'Energy-System-Simulation'-model ENSYSI. Met dit model kan de ontwikkeling van het Nederlandse energiesysteem worden gesimuleerd, voor de periode vanaf 2010 tot 2050, in tijdstappen van een jaar. ENSYSI houdt daarbij rekening met verwachte veranderingen in vraag en aanbod en de kosten en de acceptatie van de technologieën gedurende de periode tot 2050. In bijlage 1 staat een uitgebreidere toelichting van hoe dit energiesysteemmodel werkt.

De analyses met ENSYSI leveren twee soorten inzichten op die noodzakelijk zijn om de gevolgen van de energietransitie op de vraag naar arbeid te kunnen analyseren: 1) een inschatting van de jaarlijkse ontwikkeling van de investeringen in elk van de voor de energietransitie

benodigde technologieën en 2) de ingeschatte verandering in de gebruikskosten na het toepassen van die technologieën. Voorbeelden van technologieën zijn schilisolatie en warmteaanbodtechnologie voor woningen (CV-ketel, elektrische warmtepomp, warmtenet), of auto's met een verbrandingsmotor, hybrides, volledig elektrische auto's of waterstofauto's. Investeringskosten zijn de kosten die worden gemaakt voor de (verdere) ontwikkeling, productie en implementatie van bijvoorbeeld zonnepanelen, elektrische auto's of het ondergronds opslaan van CO<sub>2</sub>. Door het toepassen van deze technologieën veranderen de gebruikskosten van huishoudens en bedrijven. Zo zijn de kosten voor het gebruik en onderhoud van een auto anders bij een volledig elektrische auto dan bij een auto met een verbrandingsmotor, en verandert de verhouding in uitgaven aan energie en andere producten door huishoudens en bedrijven als ze zonnepanelen aanschaffen.

Zodra het Klimaatakkoord nader is uitgewerkt en duidelijk is welke investeringen de komende jaren plaatsvinden en hoe deze worden gefinancierd, kan dit deel van de PBL-ROA-analyse worden vervangen door die gegevens aangevuld met informatie over de ontwikkeling van de gebruikskosten.

## Multiregionale input-outputanalyse

Met behulp van een multiregionale input-outputanalyse (MRIO) wordt bekeken hoe de vraag naar arbeid per sector en regio zal veranderen als gevolg van de energietransitie. Het PBL heeft een MRIO-tabel ontwikkeld waarmee de gevolgen van de energietransitie voor de vraag naar arbeid kan worden ingeschat voor 61 bedrijfssectoren en 12 provincies (Thissen et al. 2018). Deze MRIO-tabel bevat economische gegevens voor elke sector en de wijze waarop deze sectoren met elkaar samenhangen binnen de productieketen. Ook laat de tabel zien hoe de sectoren zijn verdeeld over regio's, zowel in Nederland als daarbuiten.

Figuur 2 laat zien hoe de inzichten van ENSYSI zijn verwerkt in de MRIO-tabel en welke directe en indirecte veranderingen in de productie als gevolg van de energietransitie kunnen worden meegenomen in de MRIO-analyse. Alle gevolgen van deze veranderingen in de productie van goederen en diensten tezamen leiden uiteindelijk tot een andere vraag naar arbeid per sector en regio.

De kern van de energietransitie bestaat uit het verlagen van het energiegebruik en een verschuiving in de opwekking van energie van fossiele naar hernieuwbare bronnen (de twee bovenste blokken onder 'directe gevolgen' in figuur 2). Om dit mogelijk te maken zijn allerlei ondersteunende producten en diensten nodig zoals zonnepanelen, windmolens, elektrische auto's, slimme meters en energiezuinige apparatuur en installaties (het onderste blok onder 'directe gevolgen'). De investeringen in de voor de energietransitie benodigde technologieën beïnvloeden daarom niet alleen de productie in de energiesector, maar ook de productie in de sectoren die de ondersteunende producten en diensten ontwikkelen.

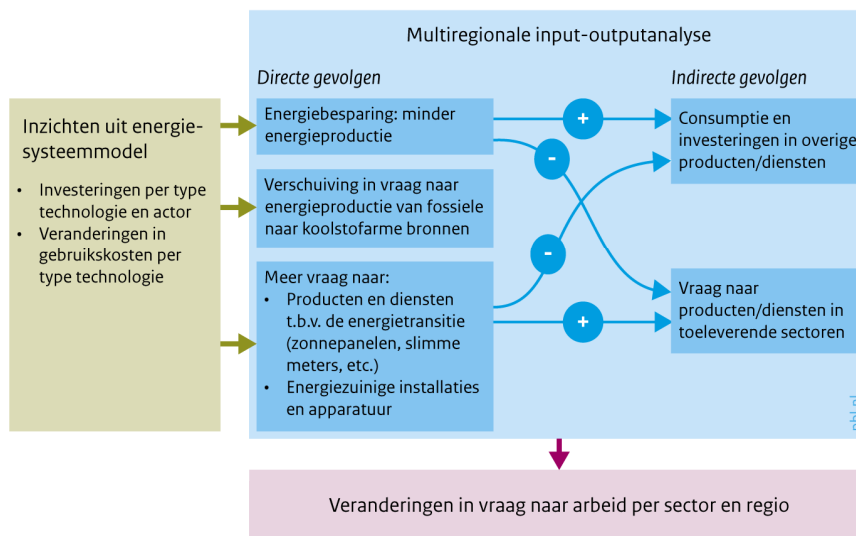
Voor het bepalen van de directe gevolgen van de energietransitie op de productie per sector worden de investeringen en gebruikskosten voor elke technologie uit het energiesysteemmodel gekoppeld aan de economische sectoren en actoren (bedrijven, huishoudens en overheid) die betrokken zijn bij de ontwikkeling en implementatie van die technologie. Per technologie wordt vastgesteld welke sectoren daarbij betrokken zijn en welk aandeel van de investeringen in elk van die sectoren zal neerslaan. Bij de PBL quickscan is deze koppeling opgesteld in overleg met experts op het gebied van elke technologie binnen het PBL. In bijlage 2 staat de tabel met de verdeling van de investeringen over de sectoren.

Vervolgens is met de MRIO-analyse ingeschat hoe de directe gevolgen ook van invloed kunnen zijn op de productie in andere sectoren. We onderscheiden twee indirecte gevolgen. Ten

eerste staan sectoren niet op zichzelf, maar kopen goederen en diensten van andere sectoren uit de eigen regio of uit andere regio's voor hun eigen productie. Als een sector groeit (of krimpt), heeft dat derhalve niet alleen een positief (of negatief) effect op de vraag naar arbeid in sector zelf, maar ook op die van de toeleverende sectoren. Door de gestegen vraag naar ondersteunende goederen en diensten zal de vraag naar producten en diensten van toeleverende sectoren ook stijgen (de pijl tussen de twee onderste blokken onder directe en indirecte gevolgen in figuur 2). Energiebesparing verlaagt juist de vraag naar energie waardoor de vraag bij toeleverende sectoren van de energiesector ook daalt (de pijl tussen het bovenste blok onder directe gevolgen en het onderste blok onder indirecte gevolgen).

Figuur 2

### Koppeling energiesysteemmodel en de multiregionale input-outputanalyse



Bron: PBL; ROA

Ten tweede, als het totale budget gelijk blijft, zullen de extra investeringen die nodig zijn voor de energietransitie ten koste gaan van consumptie en investeringen in andere producten en diensten (de pijl tussen het onderste blok onder directe gevolgen en het bovenste blok onder indirecte gevolgen in figuur 2). Zo zal een huishouden dat zonnepanelen aanschaft in datzelfde jaar minder budget over hebben voor andere uitgaven. Hierdoor kunnen uitgaven aan niet-noodzakelijke producten en diensten, zoals uit eten gaan, verminderen. Ook bedrijven die investeren in energiezuinige installaties zullen bij een gelijkblijvend budget op dat moment andere investeringen niet maken of uitstellen. Op termijn zullen huishoudens en bedrijven door deze investeringen wel lagere energiekosten hebben waardoor ze juist meer aan andere consumptie en investeringen kunnen besteden (de pijl tussen energiebesparing en het bovenste blok onder indirecte gevolgen in figuur 2).

De consequenties voor de overheidsuitgaven zijn afhankelijk van de wijze waarop de overheid besluit de investeringen te stimuleren en te financieren. Als de overheid besluit subsidies te verstrekken, is het de vraag hoe deze worden gefinancierd. Bij gelijkblijvend budget zal dat wat de overheid extra uitgeeft aan het stimuleren van de energietransitie ten koste gaan van andere overheidsuitgaven, zoals gezondheidszorg of onderwijs. Kiest de overheid daarentegen voor het verstrekken van subsidies in combinatie met het verhogen van

belastingen zoals een CO<sub>2</sub>-heffing dan is dat niet het geval. Het extra geld dat de overheid via de heffing ontvangt kan dan worden gebruikt voor de financiering van de subsidies.

Naast de sectorale veranderingen in de productie geeft de MRIO-analyse ook inzicht in de veranderingen op regionaal niveau. Dit gebeurt op twee manieren. Ten eerste kunnen de gevolgen van investeringen in bepaalde sectoren regionaal verschillen. Sectoren zijn niet gelijkmatig verdeeld over de regio's binnen Nederland en daarbuiten. Als sectoren sterk zijn geconcentreerd in bepaalde regio's, dan zullen de investeringen in die sectoren vooral op die plekken merkbaar zijn. Dit hoeft niet beperkt te zijn tot Nederland. De productie van sommige goederen en diensten die van belang zijn voor de energietransitie wordt niet of slechts gedeeltelijk in Nederland uitgevoerd. Investerings die de vraag naar deze goederen en diensten verhogen zullen daarom (ook) de productie in het buitenland vergroten. Ten tweede is het mogelijk om de investeringen niet alleen sectoraal te laten variëren (zoals in de tabel in bijlage 2), maar ook regionaal. Dit is relevant als wordt besloten bepaalde investeringen ten behoeve van de energietransitie op specifieke regio's te richten.

De MRIO-analyse geeft een indicatie van de sectorale en regionale veranderingen in de productie en het daarmee samenhangende gebruik van arbeid en kapitaal als gevolg van veranderingen in de vraag naar goederen en diensten door de energietransitie. Uit de verandering in het gebruik van arbeid leiden we af hoe de vraag naar arbeid per sector en regio zal veranderen. Onder vraag naar arbeid verstaan we de vraag naar arbeidskrachten door bedrijven, non-profit organisaties en de overheid.

Met een MRIO-analyse kunnen alleen de *kortetermijneffecten* van de energietransitie op de vraag naar arbeid in verschillende economische sectoren en regio's worden verkend, omdat een MRIO-analyse uitgaat van de huidige staat van de economie. Zowel de samenhang tussen sectoren en regio's (binnen en buiten Nederland) als de verhouding tussen de verschillende productiefactoren binnen sectoren worden gelijk gehouden aan de huidige situatie. Hetzelfde geldt voor de relatieve verhoudingen tussen hoeveel in Nederland wordt geproduceerd en hoeveel wordt geïmporteerd uit andere landen per type product. Daarnaast houdt een MRIO-analyse geen rekening met veranderingen in lonen en prijzen als gevolg van een disbalans in vraag en aanbod van goederen en diensten. Een (impliciete) veronderstelling in input-outputanalyse is dat productiefactoren onbeperkt beschikbaar zijn tegen constante prijzen. De resultaten van een MRIO-analyse moeten daarom worden beschouwd als de bovengrens van de verwachte verandering in de vraag naar arbeid per sector.

## Arbeidsmarktprognosemodel

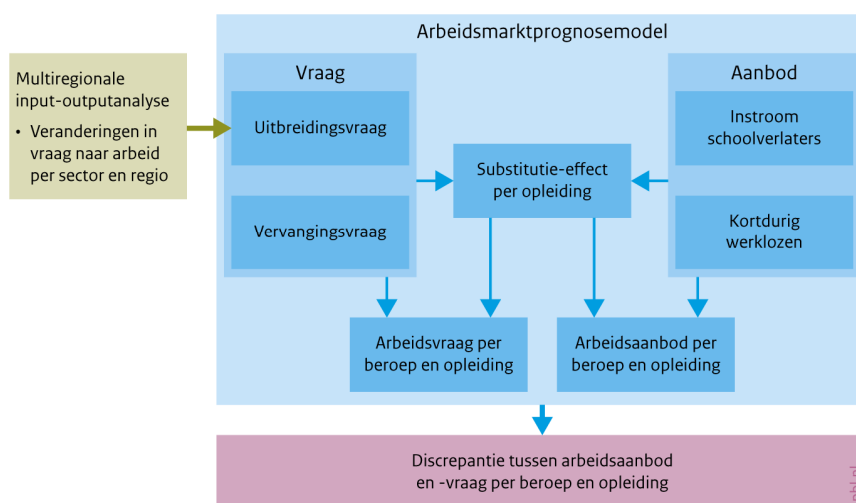
Voor nader inzicht in waar knelpunten op de arbeidsmarkt kunnen ontstaan door de energietransitie, wordt de verwachte verandering in de vraag naar arbeid afgezet tegen de veranderingen in het arbeidsaanbod. Daarvoor zijn de resultaten van de MRIO-analyse gekoppeld aan het arbeidsmarktprognosemodel van ROA. Figuur 3 laat zien hoe de koppeling is gemaakt en de wijze waarop met het arbeidsmarktprognosemodel een inschatting kan worden gemaakt van de discrepantie tussen vraag en aanbod per beroep en opleiding.

In het arbeidsmarktprognosemodel van ROA wordt de verwachte vraag op de arbeidsmarkt geconfronteerd met het verwachte aanbod (zie bijlage 3 voor een uitgebreide beschrijving van het model en de wijze waarop de verwachte vraag en aanbod wordt ingeschat). De vraag bestaat uit de uitbreidings- en de vervangingsvraag. De baanopeningen die ontstaan als gevolg van de verwachte economische ontwikkeling is de uitbreidingsvraag (die negatief kan zijn bij krimp), terwijl de vervangingsvraag de baanopeningen zijn die ontstaan door de vervanging van werkenden die de arbeidsmarkt verlaten (bijvoorbeeld door pensionering of

arbeidsongeschiktheid), of van baan veranderen.<sup>4</sup> Het nieuwe aanbod bestaat hoofdzakelijk uit de instroom van schoolverlaters en de doorstroom van mensen naar een ander opleidingstype vanwege het afronden van post-initiële vervolgoopleidingen in de prognoseperiode. De tweede component van het arbeidsaanbod bestaat uit het nog boven de markt zwevende aanbod van kortdurig werklozen aan het begin van de prognoseperiode. Als de vraag naar werkenden met een bepaalde opleiding het aanbod overtreft, ontstaat extra vraag naar werkzoekenden met aanverwante opleidingen (het substitutie-effect in figuur 3). Is er wel voldoende aanbod van werkzoekenden met die opleidingsachtergrond dan blijft het knelpunt beperkt.

Figuur 3

### Koppeling multiregionale input-outputanalyse en arbeidsmarktprognosemodel



Bron: PBL; ROA

De confrontatie tussen verwachte vraag en aanbod in het arbeidsmarktprognosemodel van ROA resulteert in twee indicatoren voor de mate van frictie op de arbeidsmarkt (voor de berekening zie bijlage 3):

- 1) Een spanningsindicator per beroep die laat zien in hoeverre werkgevers knelpunten in de personeelsvoorziening ervaren, en;
- 2) Een spanningsindicator per opleiding die laat zien wat de arbeidsmarktperspectieven zijn voor de nieuwe instroom op de arbeidsmarkt.

Er worden twee spanningsindicatoren gebruikt, omdat de mate waarin frictie op de arbeidsmarkt als problematisch wordt gezien afhangt van het perspectief van de werkgever of de werkzoekende. Als de vraag naar arbeid het aanbod overtreft dan hebben werkgevers moeite om voldoende geschikte arbeidskrachten te vinden waardoor zij hun productie op korte termijn niet kunnen uitbreiden. Voor werkzoekenden betekenen beperkingen in het arbeidsaanbod juist dat hun arbeidsmarktperspectieven gunstig zijn, want zij kunnen dan makkelijker werk vinden. In de omgekeerde situatie – het arbeidsaanbod overtreft de vraag – ervaren niet de werkgevers maar de werkzoekenden knelpunten op de arbeidsmarkt.

Deze twee spanningsindicatoren bieden complementaire inzichten voor een beleid gericht op een soepel verloop van de energietransitie. Zo geeft de spanningsindicator per beroep een indicatie van waar bijvoorbeeld maatregelen gericht op het vergroten van de

<sup>4</sup> Onder baanopeningen verstaan we de arbeidsplaatsen waarvoor personeel wordt gezocht. In het PBL-ROA-model blijven de baanopeningen die niet leiden tot nieuwe vraag naar arbeid in een sector, beroep of opleiding buiten beschouwing.

arbeidsproductiviteit kunnen bijdragen aan het behalen van de kabinetsdoelstelling van een aanzienlijke vermindering in de uitstoot van broeikasgassen. De spanningsindicator per opleiding biedt juist inzichten in waar via veranderingen in scholing (zowel opleidingen als om- en bijscholing) kunnen bijdragen aan het behalen van die doelstelling.

De veranderingen in de vraag naar arbeid door de energietransitie, zoals ingeschat via de MRIO-analyse, zijn gekoppeld aan de uitbreidingsvraag in het arbeidsmarktprognosemodel van ROA. Door de energietransitie verandert de vraag naar goederen en diensten waardoor de vraag naar arbeid in sommige sectoren hoger en in andere sectoren lager uitvalt dan op basis van de algemene economische ontwikkeling kan worden verwacht. De energietransitie kan ook gevolgen hebben voor de vervangingsvraag, wanneer bijvoorbeeld de vraag naar bepaalde beroepen zal krimpen en daardoor werkgevers zullen besluiten minder vertrekkende werknemers (bijvoorbeeld bij pensionering of verandering van baan) te vervangen.

Als gevolg van de energietransitie kan ook de vraag naar beroepen binnen sectoren veranderen en daarmee de mobiliteit tussen beroepen. In de huidige opzet van het PBL-ROA-model worden de veranderingen die al in gang zijn gezet meegenomen in het model (zie hieronder voor een nadere uitleg). Eventuele toekomstige veranderingen in de ontwikkeling van de beroepenstructuur binnen sectoren als gevolg van de energietransitie blijven buiten beschouwing, omdat onvoldoende bekend is over wat er per sector kan gebeuren. Dit vraagt om nader empirisch onderzoek en een andere opzet van het model. Vanwege beperkingen in budget en tijd was het niet mogelijk om die analyses en wijzingen binnen deze verkenning uit te voeren.

Voor de berekening van de uitbreidingsvraag in de basisprognose sluit ROA aan bij de nationale ramingen over de economische groei, de werkgelegenheid en de participatiegraden uit het Centraal Economisch Plan (CEP) van het CPB, die worden gedifferentieerd naar 21 bedrijfssectoren (zie ROA 2017, 2018). Hoeveel de uitbreidingsvraag per sector hiervan zal afwijken door de energietransitie wordt ingeschat door de verandering in de vraag naar arbeid te berekenen met de MRIO-analyse. Deze analyse wordt eerst uitgevoerd voor de verwachte investeringen en gebruikskosten in de komende jaren zonder energietransitie en dan nogmaals met energietransitie. Door deze twee resultaten tegen elkaar af te zetten kan per sector en regio worden bepaald hoeveel procent hoger of lager de vraag naar arbeid zal zijn als gevolg van de energietransitie. Vervolgens wordt de uitbreidingsvraag uit de basisprognose van ROA met die procentuele verschillen vermenigvuldigd.

De resultaten van de MRIO-analyse (de ingeschatte veranderingen in de vraag naar arbeid voor 61 sectoren en 12 provincies) zijn voor de koppeling geaggregeerd naar de 21 sectoren die worden onderscheiden in de arbeidsmarktprognose van ROA. Deze aggregatie is noodzakelijk omdat er geen differentiatie van de ROA-ramingen op het sectoraal detailniveau van de MRIO-analyse beschikbaar is. Ook een analyse op regionaal niveau is momenteel niet mogelijk, omdat het regionaal schaalniveau uit de MRIO-tabel niet overeenkomt met het schaalniveau dat wordt gehanteerd in het arbeidsmarktprognosemodel van ROA.<sup>5</sup> Het aggregeren van de resultaten van de MRIO-analyse verhuult wel voor een deel de gevolgen van de energietransitie, omdat de gevolgen sterk per sector en regio uiteen kunnen lopen (zie Weterings et al. 2018). We illustreren het effect van deze aggregatie in de volgende paragraaf.

Via de ROA-prognose is bekeken hoe de discrepantie tussen vraag en aanbod bij een verandering in de sectorale uitbreidingsvraag door de energietransitie zich verhoudt tot de discrepantie volgens de ROA-basisprognose. Bij het bepalen hoe deze verandering op sectoraal

---

<sup>5</sup> ROA hanteert de indeling in 35 arbeidsmarktregio's. Sommige arbeidsmarktregio's overschrijden de provinciegrenzen waardoor de gegevens over de economische ontwikkeling per arbeidsmarktregio niet kunnen worden geaggregeerd tot provincieniveau. Een uitsplitsing naar regio's heeft als gevolg dat de resultaten minder gedetailleerd uitgesplitst kunnen worden naar beroep en opleiding.



niveau resulteert in spanning op de arbeidsmarkt per beroep en opleiding houdt ROA rekening met eventuele verschillen in hoe snel beroepsgroepen binnen de sector zich ontwikkelen, bijvoorbeeld door technologische ontwikkelingen (waaronder de reeds in gang gezette veranderingen die horen bij de energietransitie) of internationalisering in een sector. ROA schat deze ontwikkelingen via analyses van de ontwikkelingen in de tijd van de werkgelegenheid per beroep en opleiding op basis van de Enquête Beroepsbevolking van het CBS vanaf 1996. Op vergelijkbare wijze maakt ROA voor haar prognoses ook gebruik van ontwikkelingen in de tijd in de verschuiving van de samenstelling van opleidingen *binnen* beroepen. Deze worden gebruikt om te bepalen hoe de verwachte verandering in de uitbreidingsvraag als gevolg van de energietransitie voor de verschillende beroepsgroepen uitpakt voor diezelfde vraag per opleidingstype.

Het PBL-ROA-model biedt inzicht in de *initiële* frictie die in de komende jaren kan ontstaan op de arbeidsmarkt als gevolg van de energietransitie. De gevolgen van mogelijke reacties van bedrijven, huishoudens en de overheid op de ontstane frictie op de arbeidsmarkt blijven buiten beschouwing (voor een overzicht van die reacties zie tabel 2). Als knelpunten uit de eerdere jaren op korte termijn kunnen worden opgelost zal de discrepantie in latere jaren kleiner zijn. Kan dat niet en zijn er elk jaar in dezelfde beroepen of opleidingen knelpunten, dan loopt de spanning juist verder op dan het model nu aangeeft.

# Illustratie van de resultaten

We illustreren de inzichten die het PBL-ROA-model kan bieden aan de hand van een zelf ontwikkeld scenario voor de energietransitie.<sup>6</sup> Net als in de PBL-quickscan (Weterings et al. 2018) gebruiken we daarvoor als uitgangspunt het basispad en het 95%-reductiescenario uit het eerder verschenen PBL-rapport *Investerings energietransitie en financierbaarheid* (Schure et al. 2017). Ten tijde van het schrijven van dit rapport was deze studie de enig beschikbare bron voor een scenario waarvan het einddoel in lijn is met de kabinetsdoelstelling en dat voldoende gedetailleerde informatie bevat over investeringen en gebruikskosten per jaar voor een toepassing van het in dit rapport beschreven model.

Na een korte beschrijving van het 95%-reductiescenario gaan we nader in op de wijze waarop de MRIO-analyse is uitgevoerd en welke aannames we daarbij hanteren. Tot slot illustreren we het type resultaten dat het PBL-ROA-model kan opleveren. In het onderstaande kader vatten we de voornaamste aannames van het in dit rapport gehanteerde scenario samen.

---

## Belangrijkste aannames van het energietransitiescenario

- De benodigde veranderingen voor het verlagen van de uitstoot van broeikasgassen met 95 procent in 2050 ten opzichte van 1990 (wat in lijn is met 49 procent in 2030) worden daadwerkelijk uitgevoerd;
  - De doelstelling wordt behaald door een voortzetting van het beleid zoals voor de uitvoering van het Regeerakkoord 2017 ('basispad') plus een algemene CO<sub>2</sub>-beprijzing;
  - De energietransitie leidt niet tot een toename van de totale uitgaven in Nederland, maar alleen tot een verschuiving ('budgetneutraliteit'). De extra investeringen ten behoeve van de energietransitie gaan daardoor ten koste van andere investeringen en consumptie. De afname van consumptie en investeringen wordt evenredig verdeeld over alle goederen en diensten in lijn met de huidige uitgavenpatronen van huishoudens, bedrijven en de overheid.
  - De totale omvang van de investeringen in de periode 2019 tot en met 2022 verandert in lijn met de ramingen van het CPB uit het CEP 2018.<sup>7</sup>
  - De situatie in het buitenland en handelsrelaties met buitenlandse regio's blijven ongewijzigd: effecten van aanvullend beleid ten behoeve van de energietransitie in andere landen blijven buiten beschouwing en er komen geen extra investeringen vanuit het buitenland. Het relatief belang van import en export per product en dienst blijft gelijk; de omvang kan wel veranderen door verschuivingen in de vraag.
- 

<sup>6</sup> Het scenario heeft hetzelfde einddoel als het Klimaatakkoord (95 procent reductie in de uitstoot van broeikasgassen in 2050 ten opzichte van 1990, wat overeenkomt met 49 procent in 2030), maar is verder niet afgestemd op de afspraken die zijn opgenomen in het 'Ontwerp van het Klimaatakkoord'. Voor het vertalen van deze afspraken naar de informatie die nodig is voor dit model zijn aanvullende analyses noodzakelijk waarvoor ten tijde van het schrijven van dit rapport binnen het PBL geen tijd en capaciteit beschikbaar is.

<sup>7</sup> ROA heeft voor het samenstellen van de arbeidsmarktprognoses van 2018 gebruik gemaakt van ramingen uit het CEP 2018 (<https://www.cpb.nl/publicatie/centraal-economisch-plan-2018>). Dit waren de meest recente beschikbare prognoses toen ROA in mei 2017 aan de slag is gegaan met het schatten van het prognosemodel.

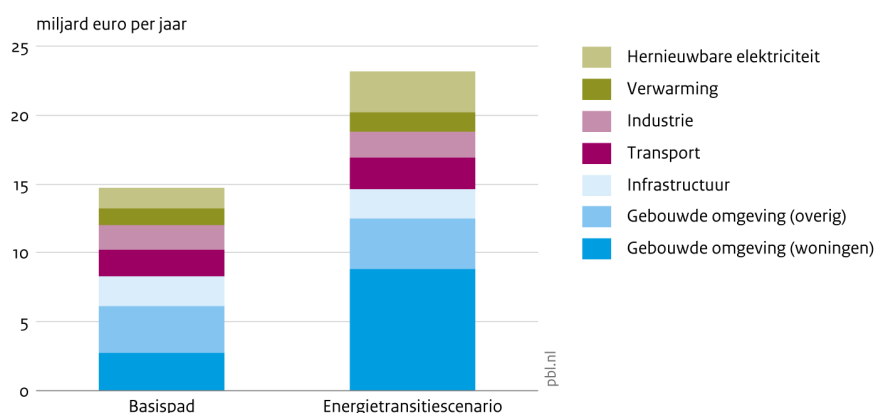
## Ingeschatte investeringen met en zonder energietransitie

Schure et al. (2017) hebben een inschatting gemaakt van de omvang en het type investeringen dat jaarlijks nodig is om 95 procent vermindering van de uitstoot van broeikasgassen in 2050 ten opzichte van 1990 te realiseren (het '95%-reductiescenario'). Dit komt overeen met de kabinetsdoelstelling van minimaal 49 procent reductie in 2030.<sup>8</sup> Deze doelstelling kan op vele manieren worden bereikt. In hun modelschatting gebruiken Schure et al. (2017) CO<sub>2</sub>-beprijzing (zowel in ETS- als niet-ETS-sectoren). Een hogere CO<sub>2</sub>-prijs stimuleert bedrijven en huishoudens om meer in hernieuwbare energie en energiebesparing te investeren. In de politiek is er veel discussie over de inzet van dit instrument. Voor een modelschatting is het echter zeer bruikbaar, omdat met één instrument de gevolgen kunnen worden benaderd van allerlei toekomstige maatregelen die uiteindelijk allemaal tot doel hebben de uitstoot van broeikasgassen te ontmoedigen.

Om de werking van het PBL-ROA-model te illustreren gebruiken we de door Schure et al. (2017) ingeschatte investeringen en gebruikskosten voor de jaren 2019 tot en met 2022. We bekijken de mogelijke gevolgen tot 2022 omdat we de verwachte veranderingen door de energietransitie afzetten tegen de knelpunten uit de ROA basisprognose 2018. Die prognose loopt tot en met 2022. We zetten de gegevens van het 95%-reductiescenario af tegen een referentiesituatie: het 'basispad' uit Schure et al. (2017). Bij het 'basispad' is uitgegaan van een voortzetting van het beleid zoals voor de uitvoering van het Regeerakkoord 2017.<sup>9</sup>

Figuur 4

### Investeringsniveau in energietransitie, 2019 – 2022



Bron: PBL

Figuur 4 laat zien hoe het investeringsniveau, en het type investeringen er uitzien volgens het basispad en volgens het 95%-reductiescenario.<sup>10</sup> Bij het 95%-reductiescenario is dit het resultaat van een combinatie van de investeringen die volgen uit het basispad plus CO<sub>2</sub>-beprijzing. De hoogte en verdeling van de investeringen over de verschillende technologieën verschilt jaarlijks, omdat ENSYSI rekening houdt met veranderingen in vraag en aanbod, en de kosten en de acceptatie van de verschillende technologieën gedurende de periode tot

<sup>8</sup> Zie hoofdstuk 2 in Weterings et al. (2018) voor een nadere toelichting op de aanpak van de studie van Schure et al. (2017) en de daarin gehanteerde CO<sub>2</sub>-prijzen.

<sup>9</sup> Daarbij is zoveel mogelijk aangesloten bij de *Nationale Energieverkenning 2016* (Schoots et al. 2016). Vanwege verschillen in de opzet van het ENSYSI-model en de modellen die worden gebruikt voor de Nationale Energieverkenning is een volledige afstemming van de modelopzet niet mogelijk.

<sup>10</sup> De studie van Schure et al. (2017) maakte een inschatting van de benodigde investeringen over de periode 2010 tot en met 2040. Als gevolg daarvan zijn de investeringen in het 95%-reductiescenario in 2019 al aanzienlijk hoger dan in het basispad. Het is niet waarschijnlijk dat de investeringen in de eerstvolgende jaren al zo hoog zullen zijn in een klimaatakkoordscenario.

2050. Een keuze voor andere maatregelen kan dan ook resulteren in een andere verdeling van de investeringen wat betreft het type technologieën, de verdeling van de kosten over de overheid, bedrijven en huishoudens, en het moment van investeren.

## Veranderingen in de vraag naar arbeid

Met een MRIO-analyse is voor elk jaar tussen 2019 en 2022 het totale *netto*-effect van de energietransitie op de vraag naar arbeid per sector en provincie berekend. Dit effect is het resultaat van verschillende gevolgen (zoals eerder al weergegeven in figuur 2).

We lichten kort toe welke veronderstellingen zijn gebruikt bij het bepalen van elk van die gevolgen en welke gegevens uit ENSYSI en de MRIO-tabel zijn gebruikt om deze in te schatten:

1. Investerings ten behoeve van de energietransitie: in overleg met experts op het gebied van elke technologie binnen het PBL zijn de door Schure et al. (2017) ingeschatte investeringen voor 2019 tot en met 2022 gekoppeld aan de 61 sectoren uit de door het PBL ontwikkelde MRIO-tabel. Bijlage 2 toont welke sectoren verondersteld worden direct bij de energietransitie betrokken te zijn en per technologie de ingeschatte verdeling van de investeringen over die sectoren.<sup>11</sup>
2. Energiebesparing door bedrijven en huishoudens: de lagere vraag naar energie door betere isolatie en energiezuinigere apparatuur en installaties is berekend door de initiële vraag naar energie van huishoudens en bedrijfssectoren te vermenigvuldigen met de relatieve veranderingen in het energiegebruik volgens ENSYSI.
3. Verschuiving in energieproductie van fossiele brandstoffen naar hernieuwbare bronnen: de totale energieproductie is berekend als de som van de groei in hernieuwbare energiebronnen minus de afname in de conventionele energiebronnen, zoals kolen en gas. We gebruiken hiervoor de jaarlijkse groeicijfers uit ENSYSI. Elektrificatie is van groot belang voor het bereiken van de doelstelling van 95 procent reductie van de broeikasgasemissies in 2050. Hierdoor neemt de totale elektriciteitsproductie toe in het 95%-reductiescenario.
4. Afname consumptie van en investeringen in andere goederen of diensten (*crowding out*): we veronderstellen dat de totale uitgaven in Nederland niet zullen stijgen als gevolg van de energietransitie, maar dat er alleen verschuivingen in investeringen en consumptie zullen plaatsvinden (zogenoemde 'budgetneutraliteit'). Hierdoor leiden de extra investeringen ten behoeve van de energietransitie tot lagere consumptie en investeringen in andere sectoren. Uit ENSYSI weten we hoe de investeringsuitgaven die de energietransitie vereist zijn verdeeld over bedrijven en huishoudens. Ook kennen we de door de overheid betaalde subsidies; dit vormt een indicatie van de overheidsuitgaven die betrekking hebben op de energietransitie. De afname van de consumptie door huishoudens en de overheid en van de bruto investeringen in vaste activa (een proxy voor andere investeringsuitgaven van bedrijven), wordt verdeeld over goederen en diensten aan de hand van de uitgavenpatronen uit de MRIO-tabel.<sup>12</sup>
5. Toename consumptie en investeringen door energiebesparing (*rebound*): een lager energiegebruik biedt juist meer bestedingsmogelijkheden. Met het geld dat aanvankelijk werd uitgegeven aan energie, kunnen nu andere goederen en diensten worden gekocht. Het gaat hierbij dus niet om veranderingen in het besteedbare inkomen en/of prijsveranderingen, maar om een verschuiving van bestedingen tussen

<sup>11</sup> Zie hoofdstuk 3 in Weterings et al. (2018) voor een uitgebreide beschrijving van een MRIO-analyse en de gebruikte MRIO-tabel.

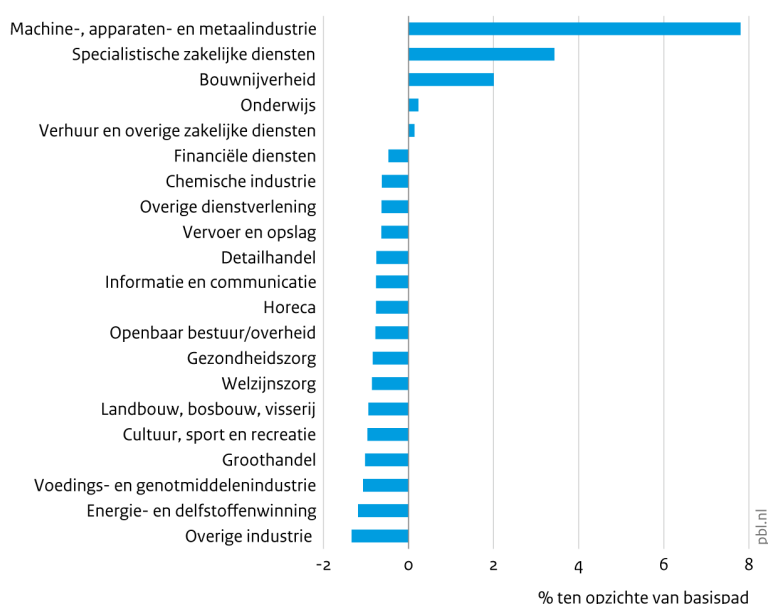
<sup>12</sup> Hiermee wijken we enigszins af van de aanpak die eerder is gehanteerd in Weterings et al. (2018). In die studie gingen we ervan uit dat alleen de consumptie van niet-noodzakelijke goederen en diensten zou afnemen en dat de uitgaven van de overheid in de zorg en het onderwijs gelijk zouden blijven. In deze studie kiezen we voor een zo neutraal mogelijk effect waarbij de extra investeringen die de energietransitie vraagt procentueel gezien tot een even grote afname leiden in consumptie en alle andere investeringen.

verschillende goederen en diensten. De besparing wordt over goederen en diensten verdeeld aan de hand van het uitgavenpatroon van huishoudens en bedrijven uit de MRIO-tabel.

Bij alle hiervoor genoemde veranderingen wordt expliciet rekening gehouden met de onderlinge samenhang tussen sectoren. Dat wil zeggen dat veranderingen in de productie van een bepaalde sector ook de toeleverende sectoren raakt.

Figuur 5 laat zien hoe bij dit scenario voor de energietransitie de vraag naar arbeid zal veranderen in de 21 sectoren uit het PBL-ROA-model in het jaar 2022. We laten alleen de situatie in 2022 zien, omdat van de jaren 2019 tot en met 2022 dan de meeste extra investeringen plaatsvinden (zie figuur 4) en daardoor in dit jaar de effecten het grootst zijn.

Figuur 5  
Verandering in vraag naar arbeid bij energietransitiescenario, 2022



Bron: PBL

De toename van de vraag naar arbeid is sterk geconcentreerd. Van de 21 onderscheiden sectoren, neemt in 5 sectoren de vraag naar arbeid toe, terwijl in de overige 16 sectoren de vraag naar arbeid licht daalt. Die sterke concentratie komt omdat we veronderstellen dat de directe investeringen zullen neerslaan in een specifiek aantal sectoren (zoals weergegeven in bijlage 2). Het gaat dan bijvoorbeeld om de machinebouw, elektrische apparatuur (die beide behoren tot de sector 'machine-, apparaten en metaalindustrie'), architecten- en ingenieursbureaus (die onderdeel zijn van de sector 'specialistische zakelijke diensten') en de bouwnijverheid.<sup>13</sup>

De sectoren waar de vraag naar arbeid daalt, ondervinden vooral last van de verminderde consumptie en investeringen door de extra investeringen in de energietransitie (*crowding*

<sup>13</sup> De vraag naar arbeid in de bouw neemt in dit scenario minder sterk toe dan in de industrie. Hoewel de directe investeringen in de bouw aanzienlijk zijn, is in deze sector ook sprake van een sterke afname van de vraag naar andere diensten die deze sector levert (zie Weterings et al. 2018). Een groot deel van de directe investeringen in de industrie zal in buitenlandse regio's neerslaan omdat momenteel veel machines worden geïmporteerd. Deze figuur laat alleen de verwachte toename in deze sector binnen Nederland zien.

out). Dit geldt bijvoorbeeld voor de voedings- en genotmiddelenindustrie, groothandel en horeca. Omdat we veronderstellen dat deze crowding out-effecten gelijkmatig zijn verdeeld over het uitgavenpatroon van huishoudens, bedrijven en de overheid, zijn de negatieve gevolgen van de energietransitie veel breder verspreid over de sectoren dan de effecten van de directe investeringen.

Zoals toegelicht in de vorige paragraaf is het voor de koppeling van de MRIO-analyse en het arbeidsmarktprognosemodel noodzakelijk de resultaten van de MRIO-analyse te aggregeren naar 21 sectoren. Deze aggregatie leidt tot enige onderschatting van de gevolgen van de energietransitie voor de vraag naar arbeid wanneer de energietransitie specifieke gevolgen heeft voor bepaalde sector-beroepen combinaties. Om dit te verduidelijken staat in bijlage 4 de verwachte verandering in de vraag naar arbeid op het niveau van de 61 sectoren uit de MRIO-tabel. Voor de overzichtelijkheid is deze figuur beperkt tot de tien sectoren met de grootste toe- en afname in de vraag naar arbeid.

De figuur in bijlage 4 laat zien dat tussen de sectoren die behoren tot de 'machine-, apparaten- en metaalindustrie' grote verschillen bestaan in de mate waarin de vraag naar arbeid zal veranderen. Zo neemt de vraag naar arbeid in de 'machinebouw' met bijna 20 procent toe en in de 'elektrische apparatuur' met 18 procent, terwijl de vraag naar arbeid in de sector 'overige transportmiddelen' juist licht afneemt. Ook binnen de 'specialistische zakelijke diensten' zijn de verschillen groot, hoewel in deze sector wel in bijna alle deelsectoren de vraag naar arbeid stijgt.

De grote verschillen tussen de deelsectoren binnen de 21 sectoren betekenen dat de discrepantie tussen vraag en aanbod op een lager sectoraal niveau groter kan uitvallen. Nu wordt impliciet verondersteld in het model dat de werkenden uit de krimpende 'overige transportmiddelen'-sector zonder problemen terecht kunnen in de andere deelsectoren binnen de 'machine-, apparaten- en metaalindustrie'. Dit is echter afhankelijk van de mate waarin de opleidingsachtergrond van de werknemers uit de krimpende sector aansluit bij wat de beroepen in de andere deelsectoren vragen.

## Discrepantie tussen vraag en aanbod

Met het arbeidsmarktprognosemodel is vervolgens een inschatting gemaakt van hoe als gevolg van het in dit rapport gehanteerde energietransitiescenario de uitbreidingsvraag per beroep en opleiding zal veranderen in de jaren tot en met 2022. Voor alle beroepen en alle opleidingen zetten we de ingeschatte verandering in de uitbreidingsvraag af tegen de discrepantie op de arbeidsmarkt die wordt verwacht in de basisprognose van ROA uit 2018 (ROA 2017; ROA 2018). Zo wordt duidelijk in hoeverre een verandering in de uitbreidingsvraag door de energietransitie kan leiden tot meer vraag naar beroepen en opleidingen waarvoor in de komende jaren zonder deze transitie al knelpunten op de arbeidsmarkt worden verwacht.

In figuur 6 staan de resultaten voor alle beroepen en in figuur 7 voor alle opleidingstypes. Voor een goede interpretatie van die resultaten is het van belang eerst stil te staan bij de achterliggende gegevens van beide figuren. Deze zijn weergegeven in bijlage 5 (voor de beroepen) en 6 (voor de opleidingstypes). De verandering door de energietransitie is uitgedrukt in procentpunten en laat zien met hoeveel procent het aandeel baanopeningen door de uitbreidingsvraag naar verwachting zal toe- of afnemen ten opzichte van de basisprognose van ROA. Om te laten zien hoe de veranderingen door de energietransitie zich verhouden tot de verwachte uitbreidingsvraag zonder energietransitie, staan in bijlage 5 en 6 de ontwikkeling van het aandeel baanopeningen alleen voor de uitbreidingsvraag volgens de basisprognose van ROA. Echter de verwachte knelpunten uit de basisprognose zijn gebaseerd op de

verandering in de *totale* vraag. Daarom is ook de ontwikkeling van het aandeel baanopeningen voor de totale vraag weergegeven in beide bijlagen.

Volgens de ROA basisprognose 2018 neemt het totale aandeel baanopeningen in de periode tot en met 2022 met 26 procent toe ten opzichte van het totale aantal werkenden in 2016, het basisjaar uit de prognose. Deels komt dit omdat er, door de gunstige economische groei- verwachtingen, 6,6 procent werkgelegenheidsgroei voor de jaren 2019 tot en met 2022 wordt verwacht in de ramingen van het CPB (CPB 2017). Veruit de meeste baanopeningen ontstaan echter door de vervanging van werkenden die de arbeidsmarkt verlaten of van beroep veranderen. Zoals de figuren in bijlage 5 laten zien, is de vervangingsvraag dusdanig groot dat voor alle beroepen het aandeel baanopeningen toeneemt. De uitbreidingsvraag daarentegen is voor sommige beroepen wel negatief vanwege de verwachte economische krimp in de sectoren waarin die beroepen worden uitgeoefend.

Doordat het aanbod van werkzoekenden per beroep verschilt, varieert de mate waarin een knelpunt wordt verwacht tussen beroepen, zelfs als de verwachte toename van het aandeel baanopeningen voor twee beroepen vergelijkbaar is. Zo blijkt uit bijlage 5 dat het verwachte aandeel baanopeningen voor 'bouwarbeiders ruwbouw' en 'lassers en plaatwerkers' in beide beroepen met ruim 25 procent toeneemt, maar dat alleen voor het eerste beroep een knelpunt in de personeelsvoorziening wordt verwacht. In de basisprognose worden de grootste knelpunten voor de komende zes jaar verwacht in technische (ambachts-)beroepen, ICT-beroepen, in de zorg en in het onderwijs. Er worden geen knelpunten verwacht voor de agrarische beroepen en (de meeste) administratieve beroepen.

Figuur 6 vergelijkt voor alle beroepen de verandering in de uitbreidingsvraag volgens het energietransitiescenario met de mate waarin in de basisprognose een knelpunt in de personeelsvoorziening wordt verwacht. Alhoewel – zoals de gegevens voor de basisprognose in bijlage 5 laten zien – de uitbreidingsvraag niet de grootste factor is in het bepalen van knelpunten (dat is de vervangingsvraag), leidt een toename van de uitbreidingsvraag voor beroepen waar al grote knelpunten worden verwacht wel tot extra druk op de arbeidsmarkt.

In het kwadrant rechtsboven staan de beroepen waar een knelpunt in de personeelsvoorziening volgens de basisprognose samenvalt met een toename van de uitbreidingsvraag als gevolg van het energietransitiescenario. Omdat voor deze beroepen al in de basisprognose knelpunten in de personeelsvoorziening worden verwacht, vertaalt in deze gevallen een toename in de uitbreidingsvraag zich direct in een vergelijkbare toename van het aandeel baanopeningen. Zo zal bij het hier gehanteerde scenario de vraag naar (elektrotechnisch) ingenieurs en architecten met 2 procentpunt verder stijgen ten opzichte van de basisprognose. Omdat het arbeidsaanbod voor deze beroepen nu al lager is dan het aanbod, zullen werkgevers in dit scenario nog meer moeite krijgen om de baanopeningen voor deze beroepen in te vullen. In dit voorbeeld geldt hetzelfde voor een groot gedeelte van de beroepen in de bouw (technische ambachtsberoepen).

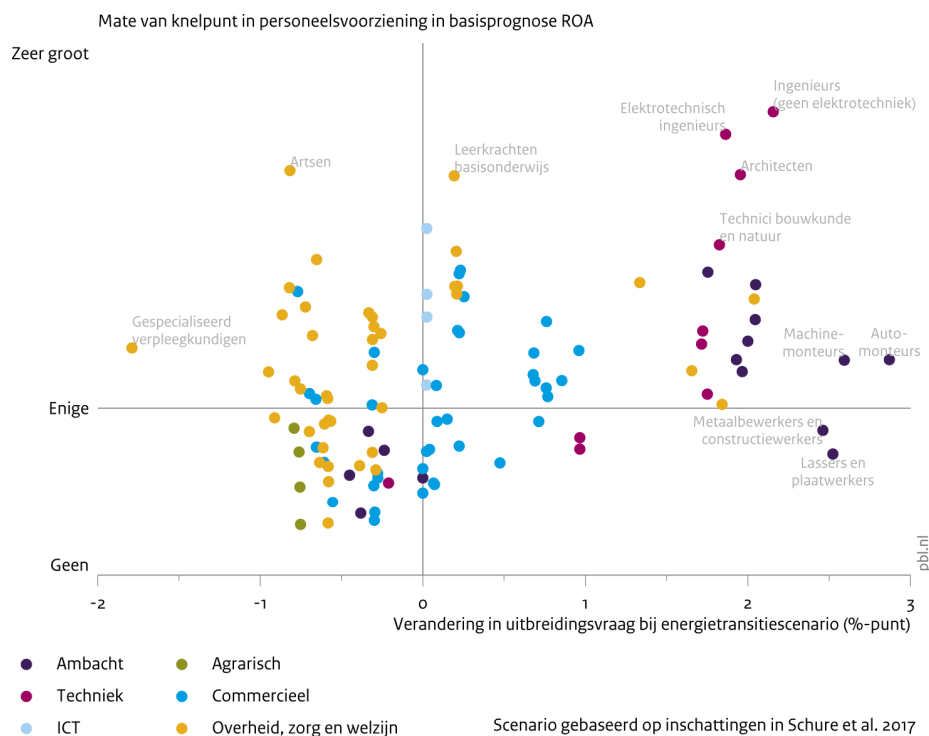
In het kwadrant linksboven staan beroepen waarvoor in de basisprognose wel knelpunten in de personeelsvoorziening worden verwacht, maar waar bij het energietransitiescenario nauwelijks extra vraag naar deze beroepen ontstaat. In dit voorbeeld betreft dit bijvoorbeeld ICT-beroepen, en dan vooral software- en applicatieontwikkelaars en databank- en netwerk-specialisten, maar ook bepaalde zorgberoepen, zoals artsen.

Omgekeerd worden voor beroepen in het kwadrant rechtsonder geen grote knelpunten verwacht in de basisprognose, maar kan door de energietransitie de vraag naar deze beroepen wel toenemen. Hierdoor kunnen er voor deze beroepen toch knelpunten in de

personeelsvoorziening ontstaan. Het betreft onder andere lassers en plaatwerkers, metaalbewerkers- en constructiewerkers, assemblagemedewerkers en productiemachinebedieners.

Figuur 6

### Verandering in knelpunten bij energietransitiescenario per beroep, 2016 – 2022



Bron: PBL; ROA

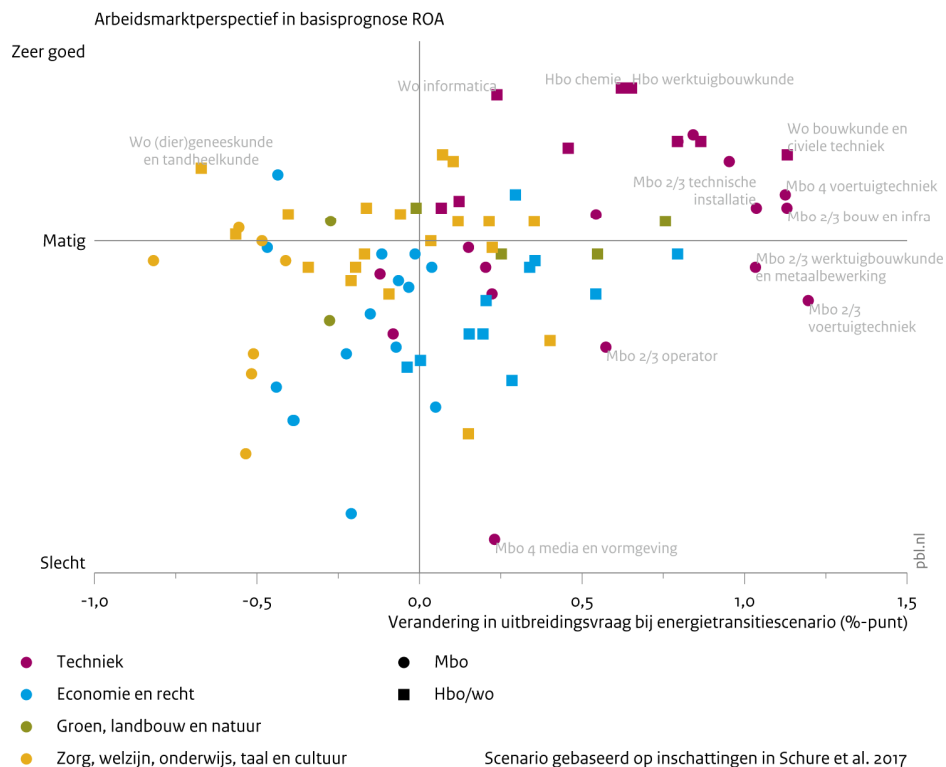
Figuur 7 vergelijkt voor alle opleidingen de verandering in de uitbreidingsvraag bij het energietransitiescenario met de in de basisprognose verwachte arbeidsmarktperspectieven van de nieuwe instroom met die opleidingsachtergrond (zowel schoolverlaters als zij-instromers). Als voor een opleiding de vraag het aanbod overtreft, dan zijn de arbeidsmarktperspectieven van werkzoekenden met die achtergrond '(zeer) goed'. Dit betekent echter wel dat er een tekort zou zijn aan personen met deze achtergrond. Als de vraag naar gediplomeerden met die opleidingsachtergrond nog verder toeneemt door de energietransitie kunnen die tekorten de uitvoering van de transitie dus belemmeren.

Overeenkomstig met figuur 6, staan in figuur 7 in het kwadrant rechtsboven de opleidingen waar de knelpunten op de arbeidsmarkt zullen toenemen in het gehanteerde energietransitiescenario. In het scenario stijgt de vraag naar deze opleidingen, terwijl er al zonder deze transitie een tekort aan gediplomeerden met deze opleiding wordt verwacht. In dit voorbeeld gaat het vooral om technisch geschoold personeel, zowel op mbo- als op hbo/wo-niveau. Er zijn ook opleidingen waar in de basisprognose geen knelpunten op de arbeidsmarkt worden verwacht, maar waar bij het energietransitiescenario wel de vraag zal toenemen. Die opleidingen staan in het kwadrant rechtsonder.



Figuur 7

# Verandering in knelpunten bij energietransitiescenario per opleiding, 2016 – 2022



# Aanvullingen voor toepassing bij het Klimaatakkoord

Met het PBL-ROA-model hebben we de basis gelegd voor een model waarmee kan worden verkend waar (sectoren, beroepen en opleidingen) discrepantie tussen vraag en aanbod op de arbeidsmarkt kan ontstaan als gevolg van een energietransitie zoals beoogd in het Klimaatakkoord voor een periode van vijf jaar vooruit. Echter voor een toepassing van het model in de beleidspraktijk is aanvullende informatie nodig. In deze paragraaf gaan we eerst in op wat voor informatie nodig is over het beoogde energietransitiebeleid. Vervolgens beschrijven we hoe de inzichten die het model biedt kunnen worden vergroot en wat daarvoor nodig is.

## Benodigde informatie voor een Klimaatakkoord-scenario

Voor het inschatten van waar en in welke mate het Klimaatakkoord kan leiden tot frictie op de arbeidsmarkt in de komende zes jaar is gedetailleerde informatie nodig over verschillende keuzes van de bij het Klimaatakkoord betrokken partijen en het kabinet. De volgende vragen moeten worden beantwoord:

- Welke investeringen zullen de komende jaren plaatsvinden, en hoe zijn deze verdeeld over de verschillende voor de energietransitie relevante technologieën (zowel wat betreft conventionele als hernieuwbare energieactiviteiten)?
- Welke actoren zullen elk van die investeringen maken (huishoudens, bedrijven of overheid)?
- Hoe worden deze investeringen door de verschillende actoren gefinancierd, en bij gelijkblijvend budget, ten koste van welke consumptie of andere investeringen zullen deze gaan?
- Hoe beïnvloeden deze investeringen de gebruikskosten van de verschillende technologieën voor elke actor?
- Welke beleidsinstrumenten worden gebruikt om deze investeringen te stimuleren: subsidies, belastingen/heffingen of regelgeving (zoals een verbod op bepaalde vervuilende producten)?

De keuze voor de beleidsinstrumenten is van belang, omdat subsidies de investeringen in sommige technologieën voor huishoudens en bedrijven goedkoper kunnen maken, terwijl belastingen vervuilende technologieën duurder maken. Op de korte termijn zullen de sectoren die de gevolgen van de inzet van deze beleidsinstrumenten ondervinden daardoor verschillen, hoewel beide instrumenten uiteindelijk een energiesysteem met minder uitstoot van broeikasgassen willen bewerkstelligen. Bij subsidies is het van belang zicht te hebben op hoe deze worden gefinancierd. Als de extra subsidies ten behoeve van de energietransitie ten koste gaan van andere overheidssubsidies kan dit de vraag naar arbeid verlagen in de sectoren die voorheen profiteerden van die subsidies.

Als het model wordt gebruikt voor het verkennen van de verwachte effecten van verschillende opties, zoals bijvoorbeeld de inzet van verschillende beleidsinstrumenten of verschillen in timing van de investeringen, kunnen meerdere scenario's worden opgesteld. Voor elk van de scenario's moet dan de eerdergenoemde informatie worden uitgewerkt.

## Nadere uitwerking van het model

Het PBL-ROA-model dat is beschreven in dit rapport kan op verschillende manieren nader worden uitgewerkt. Er zijn een aantal manieren waarop het model verder kan worden verfijnd, waardoor meer gedetailleerde inzichten in de effecten van het Klimaatakkoord op de discrepantie op de arbeidsmarkt kunnen worden verkregen. Ook is het van belang dat er een referentiesituatie wordt ontwikkeld die zowel in de MRIO-analyse als het arbeidsmarktprognosemodel wordt gebruikt. We beschrijven de mogelijke modelaanpassingen en geven een indicatie van welke aanvullende analyses hiervoor nodig zijn.

### ***Koppeling Klimaatakkoord-scenario aan MRIO-analyse***

De veronderstellingen over in welke sectoren de investeringen uit het Klimaatakkoord terecht zullen komen zijn van invloed op de resultaten van het PBL-ROA-model. In de huidige opzet van het model is de verdeling van de investeringen over de sectoren gebaseerd op de kennis van experts binnen het PBL. Het is van belang deze verdeling te toetsen aan de inzichten van empirische studies naar de ontwikkeling en implementatie van de bij de energietransitie betrokken technologieën. Een goede vertaling van de inzichten uit die studies vraagt om gedetailleerde kennis van de betreffende technologieën en zal daarom moeten worden uitgevoerd door experts op elk van de terreinen. Voor technologieën die nog niet op uitgebreide schaal zijn toegepast kan daarnaast informatie worden verzameld via interviews met experts. Als er veel onzekerheid is over de verdeling van de investeringen kunnen meerdere varianten worden opgesteld en worden bekeken hoe gevoelig de resultaten van het model zijn voor verschillen in de verdeling.

### ***Afstemmen van de regio- en sectorindelingen***

Het nader op elkaar afstemmen van de regio- en sectorindelingen in de MRIO-analyse en het arbeidsmarktprognosemodel van ROA kan een meer gedetailleerd beeld geven van waar door het Klimaatakkoord knelpunten op de arbeidsmarkt kunnen ontstaan. In het huidige model worden de resultaten van de MRIO-analyse (met een onderscheid naar 61 sectoren en 12 provincies) geaggregeerd naar 21 sectoren om deze resultaten te kunnen toepassen in het arbeidsmarktprognosemodel. Dit kan leiden tot een onderschatting van de discrepantie tussen vraag en aanbod die kan ontstaan bij de uitvoering van het Klimaatakkoord wanneer de energietransitie specifieke gevolgen heeft voor bepaalde sector-beroepen combinaties.

De gevolgen van de energietransitie – en daarmee het Klimaatakkoord – voor de vraag naar arbeid kunnen sterk uiteenlopen tussen de deelsectoren van de 21 sectoren, zo blijkt uit de eerder beschreven vergelijking van figuur 5 en bijlage 4. Met de aggregatie van de vraag naar arbeid naar 21 sectoren wordt impliciet verondersteld dat de arbeidskrachten uit de verschillende deelsectoren allemaal elkaars werkzaamheden kunnen uitvoeren. Dat hoeft echter niet het geval te zijn. De beroepenstructuren van twee deelsectoren kunnen verschillen. Als dat zo is dan leidt de groei van de ene deelsector tot meer vraag naar een heel ander type arbeid (wat betreft beroep of opleiding) dan groei van de andere deelsector. Hierdoor kan de aansluiting tussen vraag en aanbod verschillen per deelsector, waardoor er mogelijk meer discrepantie op de arbeidsmarkt is dan lijkt op geaggregeerd niveau.

Sectoren, beroepen en opleidingen zijn niet gelijkmatig verdeeld over de Nederlandse regio's en ook dit kan leiden tot knelpunten op de arbeidsmarkt (zie Weterings et al. 2018). Door de beperkte bereidheid of mogelijkheden van arbeidskrachten om te verhuizen voor het werk (Meekes 2019), kunnen geografische verschillen de aansluiting tussen vraag en aanbod op de arbeidsmarkt belemmeren. Hierdoor kan het zelfs zo zijn dat voor een bepaald beroep of opleidingsachtergrond in de ene regio sprake is van een arbeidstekort en in een andere regio juist een overschot. Het schatten van de verwachte gevolgen van het Klimaatakkoord voor de knelpunten op de arbeidsmarkt op regionaal niveau biedt dan ook voordelen.

Het hanteren van dezelfde regio- en sectorindeling binnen het PBL-ROA-model vraagt aanvullende analyses. Zowel de nationale raming van de economische ontwikkeling voor de komende zes jaar als de ontwikkeling van de beroepen- en opleidingenstructuur in de afgelopen decennia zal moeten worden uitgesplitst naar de 61 sectoren en 12 provincies uit de MRIO-analyse. In hoeverre het mogelijk is de analyses met het arbeidsmarktprognosemodel tegelijkertijd op een lager sectoraal en regionaal niveau uit te voeren, moet nader worden verkend. Dit model is gebaseerd op gegevens uit de Enquête Beroepsbevolking, omdat dit de enige bron is in Nederland met informatie over de verdeling van beroepen per sector. Bij een nadere uitsplitsing naar sector of naar sector-regio kan het aantal observaties per beroep en opleiding snel te klein worden voor een representatief beeld. Analyses uitgesplitst naar regionaal niveau of naar een groter detail niveau per sector zullen daarom ten koste gaan van de mate van detail naar beroep en opleiding.

### ***Sectoraal detailniveau passend bij de energietransitie***

Door investeringen in de voor de energietransitie benodigde technologieën zullen de werkzaamheden binnen de energiesector en de sectoren die ondersteunende producten en diensten ontwikkelen (zoals zonnepanelen, elektrische auto's, slimme meters etc.) gaan veranderen. Zo verloopt de winning, productie en distributie van energie op basis van hernieuwbare bronnen heel anders dan bij conventionele energiebronnen zoals olie en gas. Dit kan consequenties hebben voor de aard van de werkzaamheden in deze sectoren en daarmee het benodigde type arbeidskrachten. Als de huidige arbeidskrachten niet in staat zijn de nieuwe werkzaamheden uit te voeren, vergroot dit de discrepantie tussen vraag en aanbod op de arbeidsmarkt (zie Ligthoet et al. 2016; Koning et al. 2016; ILO 2018).

Het PBL-ROA-model houdt nu alleen rekening met veranderingen in de beroepenstructuur binnen sectoren door technologische en economische ontwikkelingen in de afgelopen jaren, waaronder reeds ingezette veranderingen door de energietransitie. Toekomstige veranderingen in deze structuur als gevolg van de energietransitie blijven echter buiten beschouwing.

Door sectoren nader op te splitsen in traditionele activiteiten en activiteiten die volgen uit de energietransitie kan beter rekening worden gehouden met verschuivingen in werkzaamheden binnen sectoren. Zo'n opsplitsing kan op verschillende manieren bijdragen aan de inzichten van het PBL-ROA-model:

- In de MRIO-analyse kan een onderscheid worden gemaakt tussen de arbeidsintensiteit van activiteiten in de energiesector passend bij een energiesysteem op basis van conventionele en hernieuwbare energiebronnen. Volgens verschillende studies verschilt de arbeidsintensiteit tussen deze activiteiten (zie OECD 2017). Dit betekent dat de vraag naar arbeid kan stijgen als de energievoorziening in toenemende mate is gebaseerd op hernieuwbare energiebronnen.
- Met aanvullende gegevens over de productieketen van goederen en diensten die passen bij de energietransitie kan in de MRIO-analyse rekening worden gehouden met eventuele verschillen in de effecten voor toeleverende sectoren. Zo zullen voor de productie van elektrische auto's andere type goederen en diensten nodig zijn dan voor de productie van auto's met een verbrandingsmotor, waardoor de indirecte gevolgen van deze verschuiving in andere sectoren merkbaar zullen zijn.
- Indien het mogelijk is om vast te stellen welke van de ontwikkelingen in beroepen- en opleidingenstructuur die in het arbeidsmarktprognosemodel worden afgeleid uit de Enquête Beroepsbevolking samenhangen met de reeds ingezette veranderingen door de energietransitie kunnen de gevolgen daarvan voor de frictie op de arbeidsmarkt nader worden bekeken. Voor het verkennen van de gevolgen van toekomstige veranderingen in de beroepen- en opleidingenstructuur die kunnen ontstaan door een beleid gericht op een energietransitie is het noodzakelijk te werken met scenario's in dit deel van het PBL-ROA-model in plaats van empirische gegevens.

De hierboven beschreven opsplitsing voor alle sectoren die zijn betrokken bij de energietransitie vraagt een omvangrijk aanvullend empirisch onderzoek. Hierbij zou kunnen worden voortgebouwd op de opsplitsing van de energiesector en energiegerelateerde sectoren, die het CBS heeft gemaakt voor de Nationale Energieverkenning (CBS 2015). Voor het inschatten van de verandering in de werkzaamheden zouden gegevens van het CBS en het UWV kunnen worden gebruikt. Door het vergelijken van de werkzaamheden van de werknemers die traditioneel in de sectoren werken en degenen die momenteel al betrokken zijn bij de activiteiten die de energietransitie ondersteunen, ontstaat inzicht in de mogelijke veranderingen in de vraag naar arbeid. Maar omdat het veelal gaat om toekomstige ontwikkelingen, vraagt dit ook kwalitatieve analyses over de te verwachte veranderingen in de werkzaamheden binnen beroepen en sectoren. Dit kan bijvoorbeeld via interviews met experts en vertegenwoordigers van de bij de energietransitie betrokken sectoren.

### ***Afstemmen van de referentiesituatie binnen het model***

Het is van belang de verwachte ontwikkelingen bij een uitvoering van het Klimaatakkoord af te zetten tegen de mogelijke ontwikkelingen zonder Klimaatakkoord. Deze referentiesituatie maakt het mogelijk te achterhalen in welke beroepen en opleidingen knelpunten ontstaan als gevolg van het Klimaatakkoord, naast de veranderingen die sowieso al plaats zouden vinden. Voor het PBL-ROA-model is het van belang dat bij het vaststellen van de ontwikkeling van de investeringen en gebruikerskosten per technologie *zonder energietransitiebeleid* dezelfde veronderstellingen over toekomstig beleid en technologische en economische ontwikkelingen in de komende jaren worden gebruikt als in de basisprognose van ROA. In het beschreven voorbeeld is dat niet het geval. Momenteel is er geen referentiesituatie beschikbaar met een onderscheid in economische ontwikkeling op het laagste detailniveau van het model (61 sectoren en 12 provincies).

Voor het opstellen van deze referentiesituatie zijn analyses nodig van de verwachte economische ontwikkeling in alle sectoren en regio's, die samen optellen tot de nationale ramingen van het CPB. Deze referentiesituatie moet inschattingen bevatten over de verwachte ontwikkeling bij een voortzetting van het huidige beleid voor de verschillende economische sectoren in de termen van productie en werkgelegenheid plus de ontwikkelingen van finale consumptie en investeringen van huishoudens, bedrijven en overheid per type van goederen en diensten. Voor een analyse per regio is het daarbij van belang dat de trends binnen Nederland op regionaal niveau worden vastgesteld. Ook ontwikkelingen in het buitenland zijn van invloed op de vraag naar goederen en diensten in Nederland. Deze moeten daarom worden meegenomen in de referentiesituatie. Vanwege verschillen in handelsrelaties binnen de EU is daarbij van belang dat binnen de EU de ontwikkelingen minimaal op landsniveau, maar bij voorkeur op regionaal niveau worden onderscheiden.

# Verminderen van de knelpunten en de rol van beleid

Frictie op de arbeidsmarkt betekent niet automatisch dat er ook arbeidsmarktbeleid nodig is voor een soepel en inclusief verloop van de uitvoering van het Klimaatakkoord. Dit hangt af van in hoeverre bedrijven en arbeidskrachten hun gedrag kunnen en zullen aanpassen in reactie op de ontstane discrepantie tussen vraag en aanbod, en of deze aanpassingen voldoende zijn om de discrepantie op te lossen. In het PBL-ROA-model blijven de gevolgen van deze aanpassingen op de arbeidsmarktsituatie buiten beschouwing. Echter vanwege het belang van deze aanpassingen voor afwegingen over het toevoegen van een arbeidsmarktcomponent aan het energietransitiebeleid, staan we in deze paragraaf kort stil bij de mogelijke reacties op de ontstane frictie op de arbeidsmarkt, hoe deze bijdragen aan het verminderen van de knelpunten en in hoeverre hierbij een rol voor beleid is.

In tabel 2 onderscheiden we drie algemene manieren waarop de frictie op de arbeidsmarkt kan worden verminderd: 1) door het verminderen van de vraag naar arbeid, 2) door het vergroten van het arbeidsaanbod en 3) door een betere afstemming van vraag en aanbod als gevolg van bijvoorbeeld een hogere arbeidsmobiliteit tussen sectoren en beroepen. De eerste twee opties kunnen bijdragen aan het verminderen van arbeidstekorten en de laatste aan het verminderen van zowel arbeidstekorten als -overschotten. Voor elk van deze manieren geeft tabel 2 een aantal voorbeelden van mogelijke handelingsopties en welke actoren daarbij aan zet kunnen zijn. Hieronder lichten we nader toe onder welke voorwaarde(n) dit mogelijk is.

## ***Verminderen van de vraag naar arbeid***

In sommige sectoren kan de vraag naar arbeid als gevolg van de energietransitie sterk toenemen. Bij onvoldoende aanbod van geschikte arbeidskrachten, kunnen bedrijven via proces-, technologische- en sociale innovatie proberen hun productie te vergroten met minder inzet van arbeid. Bedrijven kunnen bijvoorbeeld hun productieproces (verder) automatiseren of efficiënter organiseren. Daarnaast kunnen bedrijven installaties en apparaten ontwikkelen die nog energiezuiniger zijn, zodat minder productie nodig is om de beoogde reductie van broeikasgasemissies in 2030 te halen. Deze arbeidsbesparende handelingsopties betekenen echter wel dat het behalen van de kabinetsdoelstelling extra investeringen en meer tijd zal kosten.

De energietransitie is een maatschappelijke opgave die niet in lijn hoeft te zijn met de incentives van marktpartijen. Als de verwachting is dat de inzet van innovatie door bedrijven onvoldoende is voor het (tijdig) verminderen van de vraag naar arbeid dan zou de overheid de innovatie ten behoeve van de energietransitie kunnen stimuleren, bijvoorbeeld via R&D-subsidies.

## ***Vergroten van het arbeidsaanbod***

De productie kan ook worden verhoogd door het arbeidsaanbod te vergroten. Het arbeidsaanbod stijgt als er meer mensen actief worden op de arbeidsmarkt, bijvoorbeeld door het toenemen van de arbeidsparticipatie, de inzet van mensen met een afstand tot de arbeidsmarkt, of het aantrekken van werknemers uit het buitenland. Bedrijven kunnen proberen dit tot stand te brengen door hogere lonen en/of betere arbeidsomstandigheden te bieden. De

'nieuwe' werknemers kunnen personen zijn die eerst in een andere sector werkten (zij-in-stroom) of die voorheen niet actief waren op de (Nederlandse) arbeidsmarkt.

**Tabel 2 Mogelijke handelingsopties voor verminderen frictie op de arbeidsmarkt**

Doel	Voorbeelden van handelingsopties	Betrokken actor
Verminderen arbeidsvraag (bij arbeidstekort)	Arbeidsbesparende investeringen, zoals (verdere) automatisering of robotisering van het productieproces; Ontwikkelen efficiëntere energiezuinige apparatuur en installaties waardoor minder productie nodig is voor behalen doelstelling Klimaatakkoord.	Bedrijven
	Subsidieregelingen of fiscale voordelen gericht op stimuleren van innovatie ten behoeve van de energietransitie.	Overheid
Vergroten arbeidsaanbod (bij arbeidstekort)	Loonsverhoging; Verbeteren arbeidsomstandigheden; Werven van werknemers uit andere landen.	Bedrijven
	Aanpassen regelgeving kinderopvang; Aanpassen regelgeving over mogen werken naast een werkloosheidsuitkering; Subsidies of fiscale voordelen voor inzet van mensen met een afstand tot de arbeidsmarkt; Vergemakkelijken van (kennis)immigratie.	Overheid
Vergroten kwalitatieve match tussen vraag en aanbod (bij tekort en overschot)	Bedrijfsinterne om- en bijscholingstrajecten (zoals meelopen met ervaren werkkrachten, leer-werktrajecten).	Bedrijven
	Vergroten mobiliteit tussen krimp- en groeisectoren/beroepen via afstemmen van arbeidsvoorwaarden en regelingen of sectoroverstijgende O&O-fondsen.	Werknemers- en werkgeversorganisaties
	Verbeteren informatievoorziening over beschikbare arbeidskrachten en vacatures; Vergroten inzicht in individuele vaardigheden, toepasbaarheid daarvan in andere sectoren/beroepen en eventueel benodigde aanvullingen.	Werkgevers, werknemers, UWV
	Individueel onderwijsbudget voor arbeidskrachten.	Overheid
	Opzetten nieuwe opleidingstrajecten (ook modulair en flexibel) afgestemd op behoeften werkgevers.	Onderwijsorganisaties, bedrijven, overheid

Bron: PBL, ROA

Deze handelingsopties kunnen echter alleen bijdragen aan het oplossen van arbeidstekorten als er voldoende on(der)benut arbeidspotentieel binnen of buiten Nederland beschikbaar is. Eerder onderzoek liet bijvoorbeeld zien dat het onbenut potentieel voor de technische beroepen beperkt is in omvang (de Grip et al. 2008). Ook is het de vraag op welke termijn hogere lonen of betere arbeidsomstandigheden leiden tot een groter arbeidsaanbod. Een groot deel van de inactieve beroepsbevolking is niet in staat om (op korte termijn) werk te accepteren, omdat zij bijvoorbeeld ziek of arbeidsongeschikt zijn of zorgen voor hun kinderen of andere familieleden (Souren 2016). Indien nodig geacht, kan de overheid aanvullende maatregelen nemen gericht op het vergroten van het toekomstige arbeidsaanbod, zoals recent bijvoorbeeld is gebeurd via de verhoging van de AOW-leeftijd.

### ***Vergroten van de match tussen arbeidsvraag en -aanbod***

Het vergroten van het aanbod draagt alleen bij aan het verminderen van knelpunten op de arbeidsmarkt als de nieuwe toetreders beschikken over de vaardigheden en kwalificaties die de nieuwe werkzaamheden vereisen. Is dat niet het geval dan kan via scholing de match tussen vraag en aanbod worden verbeterd. Als het werk dat voortvloeit uit de energietransitie hele specifieke kennis en vaardigheden vraagt, zal het langer duren voordat de knelpunten op de arbeidsmarkt zijn opgelost. Zo wordt het oplossen van het reeds jarenlang bestaande tekort aan technici bemoeilijkt doordat dit werk een specialistische opleiding vereist. Technische opleidingen duren enige jaren en niet iedereen beschikt over het juiste basisoniveau om deze te volgen. Overigens is het vergroten van de instroom van technisch geschoolden niet het enige wat nodig is om het tekort aan technici op te lossen, zo blijkt uit recent onderzoek (zie onderstaand kader).

---

#### **Ondanks grotere instroom toch aanhoudend tekort aan technici**

Veruit het grootste gedeelte van de werkenden in een technisch beroep heeft een technische opleiding, wat aangeeft dat deze beroepen voor anders geschoolden beperkt toegankelijk zijn (Fouarge et al. 2018; ROA 2018). Echter uit empirisch onderzoek blijkt dat een tekort aan technisch geschoolden niet de enige oorzaak is waarom werkgevers knelpunten ervaren in de personeelsvoorziening voor technische beroepen. De instroom van technisch geschoolden is de afgelopen jaren namelijk wel gestegen, maar technisch geschoolden zijn tegelijkertijd steeds frequenter werkzaam in niet-technische beroepen (ROA 2017; Fouarge et al. 2018). Hierbij kan een rol spelen dat voor technisch geschoolden de lonen hoger liggen in niet-technische beroepen, en dat het aandeel vrouwen en de deeltijdfactor in technische beroepen relatief laag is (Fouarge et al. 2018).

---

Ook voor de doorstroom van werkenden tussen de sectoren waar door de energiesector de vraag naar arbeid zal dalen en waar deze juist zal stijgen is een match tussen de gevraagde en geboden vaardigheden van belang (OECD 2017). Als de betrokken arbeidskrachten kunnen overstappen van krimp- naar groeisectoren (of beroepen), wordt de extra vraag naar arbeid ingevuld en tegelijkertijd een toename van de werkloosheid voorkomen.

Of de overstapmogelijkheden tussen krimp- en groeisectoren (en beroepen) kunnen worden vergroot en welke aanpassingen daarvoor nodig zijn, hangt af van wat de beperkte mobiliteit veroorzaakt. Dit kan uiteenlopen van verschillen in lonen en arbeidsvoorwaarden tot het niet beschikken over de juiste opleiding (qua niveau of richting) voor de groeisectoren. In het laatste geval geldt hier, net als voor de nieuwe toetreders, dat de mate waarin omscholing noodzakelijk is en wie daarvoor aan de lat staat afhangt van het verschil in gevraagde en geboden vaardigheden. Beschikken de werkzoekenden over de juiste basiskennis dan kan mogelijk worden volstaan met bedrijfsinterne oplossingen en kan het knelpunt op korte termijn worden opgelost. Zo niet, dan is het van belang dat onderwijsinstellingen in overleg met werkgevers bij- en omscholingstrajecten opzetten. In dat geval duurt het enige tijd voordat het nieuwe aanbod ook beschikbaar komt op de arbeidsmarkt.

Als de aard van werkzaamheden binnen sectoren verandert kan voor de financiering van bij- of omscholing gebruik worden gemaakt van de sectorale opleidings- en ontwikkelingsfondsen (zie ook SER 2017). Voor de financiering van sectoroverstijgende omscholing zijn mogelijk aanvullende maatregelen nodig. De laatste jaren trachten centrale organisaties van werkgevers en werknemers de samenwerking tussen de O&O-fondsen stimuleren en zo ook financiering van sectoroverstijgende mobiliteit via deze fondsen te laten verlopen. In de praktijk komt dit echter nog maar beperkt tot stand (Kuiper et al. 2017).



Welke vaardigheden, waar (sectoren, beroepen en regio's) en wanneer nodig zullen zijn gedurende de energietransitie is onzeker. De overheid kan deze onzekerheid enigszins verminderen door zoveel mogelijk duidelijkheid te geven over haar doelstellingen en beleidskeuzes op de korte en middellange termijn. Maar de precieze vraag naar arbeid hangt ook af van de snelheid van technologische ontwikkelingen, de maatschappelijke acceptatie daarvan en keuzes die worden gemaakt in andere landen. Bovendien zijn er de komende decennia ook andere transitie en maatschappelijke ontwikkelingen die van invloed zijn op de toekomstige vraag naar en aanbod van arbeid (OECD 2017). Het is daarom belangrijk te streven naar een situatie op de arbeidsmarkt die het mogelijk maakt relatief snel te reageren op veranderingen in de vraag naar arbeid. Dit vraagt om omscholings- en opleidingstrajecten die werknemers in staat stellen hun vaardigheden snel en gedurende hun hele carrière aan te passen (zie ook Ligthoef et al. 2016; De Grip et al. 2019). De verdere flexibilisering op de arbeidsmarkt kan daarbij een mogelijk complicerende rol spelen aangezien werkgevers minder investeren in de scholing en ontwikkeling van werknemers met tijdelijke contracten (Künn-Nelen et al. 2018).

# Bijlagen

## Bijlage 1 Opzet van het ENSYSI-model

Met het binnen het PBL ontwikkelde model ENSYSI (Energy-System-Simulation) kan de ontwikkeling van het Nederlandse energiesysteem worden gesimuleerd, voor de periode vanaf 2010 tot 2050, in tijdstappen van een jaar (Koelemeijer et al., te verschijnen). Het model heeft geen ruimtelijke component; de veranderingen worden voor Nederland als geheel bepaald.

In het model zijn zowel sectoren opgenomen die energie vragen (de 'eindgebruikssectoren', zoals de gebouwde omgeving, transport, industrie, landbouw), als sectoren die grondstoffen als bron van energie (zogenoemde 'energiedragers', zoals olie, gas, elektriciteit, warmte en zovoort) produceren of verwerken (zoals raffinaderijen, elektriciteit- en gasproductie). Per sector zijn de belangrijkste technologieën opgenomen, met onder andere de bijbehorende in- en output per energiedrager en de daaraan verbonden kostencomponenten. Voorbeelden van technologieën zijn schilisolatie en warmtetechnologie voor woningen (cv-ketel, elektrische warmtepomp, warmtenet), of auto's met een verbrandingsmotor, hybrides, volledig elektrische auto's of waterstofauto's.

Technologieparameters kunnen in de gesimuleerde periode veranderen, bijvoorbeeld door autonome efficiency-verbetering of kostendaling van technologie. Kosten van een technologie zijn opgebouwd uit: kapitaalskosten, vaste en variabele kosten voor onderhoud en bediening (O&M), brandstofkosten, mogelijke kosten voor de aankoop van emissierechten (of eventueel baten, in geval van biomassa in combinatie met opslag en opvang van CO<sub>2</sub>-emissies (CCS)), en mogelijke opbrengsten uit de verkoop van energiedragers.

De kostendaling van een technologie is gebaseerd op leercurven, die een verband leggen tussen de mate waarin een technologie wordt toegepast en de kostendaling die daardoor optreedt. Technologisch leren kan zowel exogeen (als input) worden voorgeschreven als endogeen in het model worden berekend (waarmee de kosten reageren op de ingroei van technologieën in het model zelf).

De economische ontwikkelingen, waaronder de ontwikkeling van het aantal huishoudens en transportkilometers, worden voorgeschreven om het model mee aan te sturen. Ook prijzen voor primaire energiedragers (kolen, olie, gas, biomassa) worden als scenario-input voorgeschreven.

Voor ieder jaar wordt een simulatie gemaakt van de investeringsbeslissingen die actoren, zoals particuliere woningeigenaren, bedrijven, en autobezitters, maken. Investeringsbeslissingen kunnen worden gedaan als gevolg van de vervanging van bestaande installaties aan het eind van hun technische levensduur, of bijvoorbeeld als gevolg van vroegtijdige afschrijving indien goedkopere technologieën beschikbaar zijn. Ook investeringen in bijvoorbeeld energiebesparing worden gesimuleerd op basis van onder andere rentabiliteit van de investering vanuit een actor-perspectief.

Actoren kunnen worden gedreven door verschillende overwegingen bij hun investeringskeuzes. Dit betreft de (integrale) kosten van een technologie, de initiële investering (om rekening te kunnen houden met een investeringsbarrière), de complexiteit van een technologie,

en de mate waarin actoren belang hechten aan het tegengaan van klimaatverandering. Actoren zijn daarbij onderverdeeld in vier groepen: 'koplopers', 'snelle volgers', 'peloton' en 'achterblijvers', die ieder een eigen gewicht hebben ten aanzien van de bovengenoemde investeringsoverwegingen. Op basis van deze overwegingen worden motivatie-factoren per technologie berekend, die daarmee de verdeling van investeringen over technologieën voorschrijven.

Via een s-curve houdt het model rekening met beperkingen aan de snelheid waarmee nieuwe technologieën zich kunnen ontwikkelen. Ook kunnen limieten worden aangegeven, op de beschikbaarheid van bijvoorbeeld biomassa-stromen en op de beschikbare opslagcapaciteit voor CO<sub>2</sub> in de bodem.

Tot slot zijn er ook beleidsinstrumenten in het model opgenomen, waaronder energiebelastingen, CO<sub>2</sub>-beprijzing (zowel in ETS als niet-ETS), verplichtingen of verboden voor technologieën, subsidies voor hernieuwbare energie en energiebesparing, en een bijmengverplichting voor biobrandstoffen in wegtransport of alle transportvormen. Het model werkt met kosten in vaste prijzen (prijspeil 2010).

## Bijlage 2 Koppeling investeringen in technologieën aan sectoren

In overleg met experts op het gebied van het energiesysteem van het PBL is vastgesteld hoe de investeringen in de verschillende technologieën verspreid over bedrijfssectoren zullen plaatsvinden. De onderstaande tabel laat die verdeling zien. Deze telt per technologiehoofdgroep op tot 100 procent. Deze verdeling is beperkt tot de sectoren die direct effecten ondervinden van de additionele investeringen in de energietransitie.

**Tabel B.1 Verdeling van investeringen in nieuwe technologieën over de bedrijfssectoren uit de MRIO-tabel**

Bedrijfssector	Technologiehoofdgroep						
	Afvalbehandeling	Elektrisch rijden	Isolatie gebouwen	Efficiëntere industriële processen	Hernieuwbare elektriciteit	Infra	CO <sub>2</sub> -afvang en -opslag (CCS)
Computers/elektronica	2,5%		2,5%	2,5%	5,0%	2,5%	5,0%
Elektrische apparatuur	10,0%	30,0%	10,0%	15,0%	20,0%	2,5%	5,0%
Machines/apparaten	40,0%		30,0%	30,0%	20,0%	20,0%	37,5%
Motorvoertuigen		47,5%					
Overige transportmiddelen							10,0%
Reparatie/installatie machines	2,5%		2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	
Bouwnijverheid	15,0%		25,0%	20,0%	22,5%	42,5%	20,0%
Groot/detailhandel/reparatie motorvoertuigen		2,5%					
ICT-diensten	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%
Financiële diensten	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%
Verzekering/pensioenfondsen		2,5%					
Juridische/boekhoudkundige diensten	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	
Architecten/technische diensten	15,0%		15,0%	15,0%	15,0%	15,0%	10,0%
R&D	2,5%		2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	5,0%
Overige zakelijke diensten	2,5%	5,0%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%
Verhuur/lease		5,0%					
Onderwijs	2,5%		2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	



## Bijlage 3 Het arbeidsmarktprognosemodel van ROA

ROA gaat uit van een stroomcijfer-aanpak bij het maken van de arbeidsmarktprognoses.<sup>14</sup> Bij deze aanpak worden prognoses gemaakt van de stromen van en naar de arbeidsmarkt in een bepaalde toekomstige periode. Er is gekozen voor een periode van 6 jaar vooruit. Hierbij worden gegevens gebruikt over feitelijke ontwikkelingen van de werkgelegenheid in het verleden per bedrijfssector, beroep en opleiding. Voor de huidige prognoses vormen de ontwikkelingen tussen 1996 en 2016 de basis voor prognoses tot en met 2022 (zie ook ROA 2017). Eigen (verklarende) econometrische modellen vormen de structuur van het prognosemodel, met als belangrijkste databronnen: 1) cijfers uit de Enquête Beroepsbevolking (EBB) van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), 2) prognoses over de toekomstige ontwikkelingen in de werkgelegenheid per bedrijfssector, 3) referentieramingen van het Ministerie van Onderwijs, en 4) data uit het ROA Schoolverlaters Informatie Systeem (SIS). In de prognoses wordt geen rekening gehouden met eventuele actuele veranderingen in overheidsuitgaven of overheidsbeleid, of voornemens voor veranderingen in overheidsuitgaven.

De gekozen stroomcijfer-benadering heeft als voordeel dat de processen in kaart worden gebracht die van belang zijn voor de ontwikkeling van vraag en aanbod op de arbeidsmarkt. Hierbij wordt de arbeidsmarkt in zijn integraliteit in beschouwing genomen. Dit verdient de voorkeur boven een aanpak waarbij deelmarkten worden onderzocht omdat het meer recht doet aan de substitutiemogelijkheden op de arbeidsmarkt. De prognoses worden doorgerekend voor in totaal 113 beroepsgroepen en 90 opleidingstypen, gespreid over de volle breedte van de arbeidsmarkt. Bij de doorrekening van het prognosemodel is uitgegaan van werkenden volgens de internationale ILO-definitie, waarbij alle banen van 1 uur of meer worden meegeteld van personen in de leeftijd 15-74 jaar. Figuur B.1 geeft een schematisch overzicht van het prognosemodel. Globaal gezien gaat het er om dat spanningsindicatoren voor de vraag-aanbod-verhouding worden afgeleid (in stippellijnen aangegeven) van schattingen van de toekomstige vraag naar arbeid en de te verwachten aanbod van arbeid.

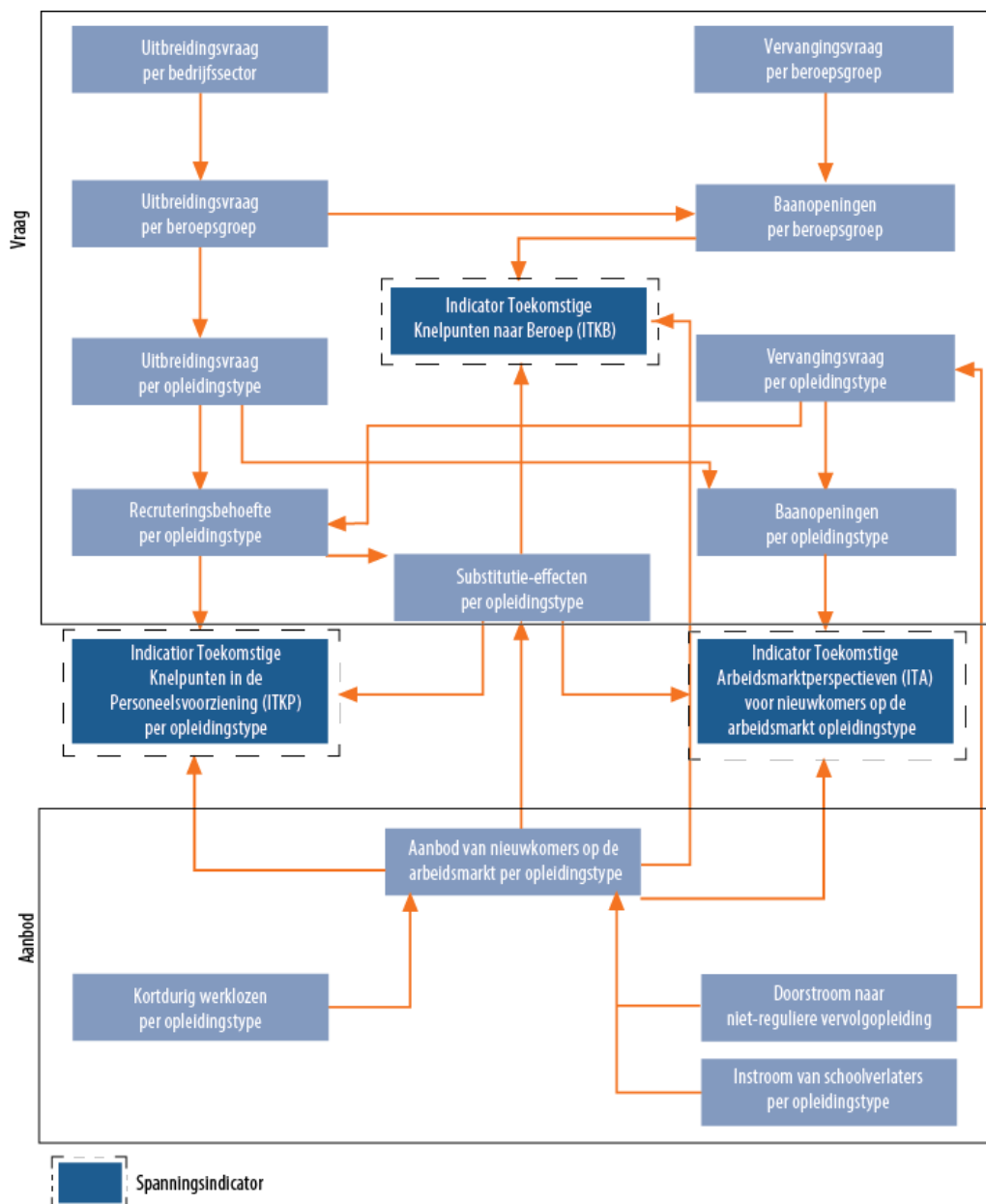
Een stroomgrootte die van belang is voor de vraagzijde van de arbeidsmarkt is de uitbreidingsvraag, die de te verwachten ontwikkeling weergeeft van de werkgelegenheid in een bepaalde beroepsgroep of een bepaald opleidingstype. Voor de berekening van de uitbreidingsvraag naar beroep en opleiding zijn de macro-economische en sectorale ontwikkelingen van groot belang. Hiervoor wordt aangesloten bij de ramingen over de economische groei, de werkgelegenheid en de participatiegraden van het CPB (CBP, 2017). De CPB macro-economische ramingen zijn door SEOR op verzoek van het ROA gedifferentieerd naar 21 bedrijfssectoren. Het gaat hierbij om prognoses voor de ontwikkeling van de werkenden en banen, alsook van de toegevoegde waarde en de investeringen in kapitaal (die gebruikt worden bij de schatting van de uitbreidingsvraag naar beroep). Voor deze differentiatie naar bedrijfssectoren is gebruik gemaakt van verdeelmodellen (PRISMA-M), waarbij intersectorale relaties worden meegenomen, alsook het onderscheid tussen MKB en grote bedrijven, en waarbij zoveel mogelijk is uitgegaan van het macro-economische kader van het CPB. Deze prognoses zijn afgestemd op de sectorprognoses van het UWV. Dit moet zorgen voor een goede vergelijkbaarheid tussen ROA en UWV cijfers.

Uitgaand van de verwachte uitbreidingsvraag naar bedrijfssectoren worden ten eerste door het ROA prognoses gemaakt van de verschuivingen in de beroepenstructuur binnen de onderscheiden bedrijfssectoren. Hierdoor kan er rekening gehouden worden met het feit dat binnen een bedrijfssector bepaalde beroepsgroepen zich sneller ontwikkelen dan andere,

<sup>14</sup> De hier gepresenteerde beschrijving is afkomstig uit ROA (2017) en ROA (2018).

bijvoorbeeld als gevolg van technologische ontwikkelingen of internationalisering in een sector. Voorts zijn er in het zogenaamde beroepenmodel van de uitbreidingsvraag, naast de ontwikkeling van de omvang en structuur van de werkgelegenheid, verschillende verklarende variabelen (o.a. toegevoegde waarde en investeringen) gebruikt om de prognoses van de uitbreidingsvraag naar beroep samen te stellen. Bij krimp is er overigens sprake van het verdwijnen van werkgelegenheid in beroepen.

**Figuur B.1**  
**Schematische opzet prognosemodel**



Bron: ROA

Ten tweede wordt bepaald welke implicaties de voorspelde groei van de verschillende beroepsgroepen heeft voor de uitbreidingsvraag per opleidingstype. Hierbij wordt rekening gehouden met het optreden van verschuivingen in de samenstelling van opleidingen binnen

beroepsgroepen. De uitbreidingsvraag per opleidingstype heeft betrekking op het aantal personen met een bepaalde opleidingsachtergrond die werkgevers zouden willen aannemen om te kunnen voorzien in een grotere vraag naar goederen en diensten. Gediplomeerden die overwegend werkzaam zijn in krimpberoepen kunnen met een negatieve uitbreidingsvraag te maken hebben. De feitelijke ontwikkeling van het aantal werkenden per opleidingstype zal hier doorgaans van afwijken door de interactie met de aanbodzijde van de arbeidsmarkt, en de als gevolg daarvan optredende substitutieprocessen. Bij de analyse van de werkgelegenheidsontwikkeling naar sector, beroep en opleiding wordt intensief gebruik gemaakt van de EBB van het CBS (jaren 1996-2016).

Naast uitbreidingsvraag is er op de arbeidsmarkt sprake van vervangingsvraag door – al dan niet vervroegde – pensionering, arbeidsongeschiktheid, tijdelijke terugtreding van de arbeidsmarkt, beroepsmobiliteit, en dergelijke. Om de uitstroom te bepalen worden veronderstellingen gemaakt ten aanzien van de participatiegraden in de verschillende leeftijdscohorten. Hiervoor is uitgegaan van de meest recent uitgebrachte CPB-prognoses van de bruto participatiegraden per leeftijd, geslacht en opleidingsniveau. Sinds enkele jaren houdt dit onderdeel van het prognosemodel rekening met skills-upgrading in de vervangingsvraag. Van vervangingsvraag is enkel sprake als het vertrek van een werkende in een beroep of met een specifieke opleidingsachtergrond ook daadwerkelijk leidt tot vraag naar een andere werkende. Als werkgelegenheidskrimp de reden is voor vertrek, dan is er in het model geen sprake van vervangingsvraag omdat deze uitstroom niet relevant is voor nieuwkomers (het leidt niet tot een baanopening). Dit betekent dus dat niet de volledige arbeidsmarktuitstroom daadwerkelijk leidt tot vervangingsvraag.

De vervangingsvraag wordt afzonderlijk voor beroepsgroepen en opleidingstypen berekend. De vervangingsvraag naar beroep kan om verschillende redenen afwijken van de vervangingsvraag naar opleiding. Zo is de mobiliteit tussen beroepsgroepen wel van invloed op de vervangingsvraag per beroepsgroep, maar heeft deze geen effect op de vervangingsvraag per opleidingstype. De mobiliteit tussen beroepsgroepen heeft ten slotte geen directe gevolgen voor de opleidingsstructuur van de werkgelegenheid, hoewel ze hiermee wel kunnen samenvallen. Daar staat tegenover dat het afronden van een vervolgopleiding gelijk staat aan uitstroom naar een ander (doorgaans hoger) opleidingstype. In dat geval is er sprake van een vervangingsvraag bij het opleidingstype waartoe de vooropleiding van deze werkende wordt gerekend. Maar deze vervangingsvraag heeft geen gevolgen voor de beroepenstructuur. Uitstroompatronen naar beroep en opleiding worden geschat aan de hand van de EBB, waarbij alleen data voor de meest recente 10 jaar worden gebruikt. Bij een toename van de werkgelegenheid vormen de uitbreidingsvraag en de vervangingsvraag tezamen de baanopeningen voor nieuwkomers op de arbeidsmarkt. Bij krimpende werkgelegenheid leidt alleen de vervangingsvraag tot baanopeningen.

Tegenover de totale vraag naar nieuwkomers staat het verwachte aanbod van nieuwkomers op de arbeidsmarkt. Ten eerste bestaat het aanbod uit de toekomstige arbeidsmarktinstroom van schoolverlaters en de doorstroom naar een ander opleidingstype vanwege het afronden van post-initiële vervolgopleidingen in de prognoseperiode. De tweede component van het arbeidsaanbod bestaat uit het nog boven de markt zwevende aanbod van kortdurig werklozen aan het begin van de prognoseperiode. Hierbij wordt verondersteld dat langdurig werklozen (die langer dan een jaar op zoek zijn naar werk) geen serieuze concurrenten meer vormen voor schoolverlaters.

De instroomprognoses van schoolverlaters op de arbeidsmarkt hebben de Referentieraming 2017 van het Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap als uitgangspunt. Deze prognoses hebben betrekking op de verwachte uitstroom uit het initiële onderwijs. Deze prognoses worden door het ROA verbijzonderd en aangevuld met prognoses van de doorstroom



naar het post-initiële onderwijs, op basis van gegevens uit de Onderwijsmatrix, de Enquête Beroepsbevolking van het CBS en gegevens uit het Schoolverlatersinformatiesysteem (SIS) van het ROA.

De verwachte vraag- en aanbodstromen per opleidingstype worden met elkaar geconfronteerd om een indicatie te krijgen van de toekomstige arbeidsmarktperspectieven voor nieuwkomers op de arbeidsmarkt. De Indicator Toekomstig Arbeidsmarktperspectief (ITA) wordt berekend door aanbod te delen door vraag en geeft aan welke vraag-aanbod-discrepancie er per opleidingstype te verwachten is in de komende zes jaar. Als het arbeidsaanbod kleiner is dan de vraag, en de ITA dus kleiner dan of gelijk is aan 1,00, wordt het arbeidsmarktperspectief als goed getypeerd. Als de waarde van de ITA zelfs kleiner dan of gelijk is aan 0,85, wordt gesproken van een zeer goed arbeidsmarktperspectief.<sup>15</sup> Daarentegen, als de ITA een waarde heeft tussen de 1,00 en 1,05 – en het aanbodoverschot dus niet veel groter is dan wat als frictie kan worden beschouwd – wordt gesproken van een redelijk arbeidsmarktperspectief. Bij een hogere waarde van de ITA wordt het arbeidsmarktperspectief voor het desbetreffende opleidingstype als matig, of bij een ITA groter dan 1,15, als slecht aangeduid.<sup>16</sup>

Het is belangrijk om stil te staan bij de interpretatie van deze spanningsindicator. Een aanbodoverschot impliceert niet vanzelfsprekend dat de desbetreffende groep werkloos zal worden en een aanbodtekort betekent niet automatisch dat er sprake zal zijn van onvervulde vacatures. Het is immers ook mogelijk dat werkgevers hun eisen aanpassen en mensen aannemen met een andere opleidingsachtergrond dan aanvankelijk gevraagd werd. Schoolverlaters met een opleiding waarvoor het aanbod de vraag overtreft ervaren in een dergelijke situatie een verslechtering van hun positie doordat zij bijvoorbeeld vaker beneden hun niveau of buiten hun richting moeten werken, slechter beloond worden of vaker genoeg moeten nemen met deeltijdwerk, terwijl men liever een voltijdsbetrekking had (Wieling & Borghans 2001). Omgekeerd zal bij een tekortschietend aanbod de positie van schoolverlaters verbeteren. Deze hoeven in dat geval minder vaak genoeg te nemen met een functie op een lager niveau, een lagere beloning en dergelijke. Bij de opleidingen die door opleidingstypen met een aanbodoverschot worden verdrongen, zal het aantal baanopeningen vanwege dit substitutieproces kleiner worden. Daarentegen zal er voor de opleidingen die verwant zijn aan de opleidingen met een tekortschietend aanbod juist sprake zijn van extra baanopeningen. Wanneer er sprake is van knelpunten zullen deze substitutie-effecten derhalve van belang zijn voor de arbeidsmarktperspectieven van de desbetreffende opleidingen.

De vraag-aanbod-confrontatie geeft voor elk opleidingstype ook een indicatie van de toekomstige knelpunten in de personeelsvoorziening. Daarbij bepalen de uitbreidings- en vervangingsvraag samen de recruiteringsbehoefte per opleidingstype. Bij krimpende werkgelegenheid voor een bepaald opleidingstype wordt deze recruiteringsbehoefte op een andere wijze berekend dan het aantal baanopeningen voor nieuwkomers op de arbeidsmarkt. In dat geval bestaat immers vanuit het perspectief van bedrijven de mogelijkheid om de gedwongen uitstroom van het zittende personeel (negatieve uitbreidingsvraag per opleiding) te verminderen. Zeker wanneer bedrijven geconfronteerd worden met een krappe arbeidsmarkt voor een bepaald opleidingstype, mag worden aangenomen dat zij van deze mogelijkheid gebruik zullen maken. De te verwachten spanning in personeelsvoorziening komt tot uiting in de Indicator Toekomstige Knelpunten in de Personeelsvoorziening (ITKP). In lijn met de ROA prognose 2018 wordt deze indicator in dit rapport niet weergegeven.

<sup>15</sup> Deze grenzen voor de ITA zijn gebaseerd op een statistische analyse van de spreiding van de arbeidsmarktsituatie van de verschillende opleidingstypen (zie Wieling et al. 1990). Zie voor een analyse van de betekenis van de ITA ook Dupuy (2009).

<sup>16</sup> ROA evalueert geregeld de kwaliteit van de prognoses. Zie bijvoorbeeld voor de vervangingsvraag Montizaan (2009). Uit de evaluatie van de voorgaande prognoses blijkt dat voor ruim 40 procent van de opleidingstypen de juiste van de vijf mogelijke typering werd gegeven. Voor circa 80 procent van de opleidingstypen werd de juiste of een aangrenzende typering voorspeld (zie Dupuy 2009; BertrandCloudt 2010).

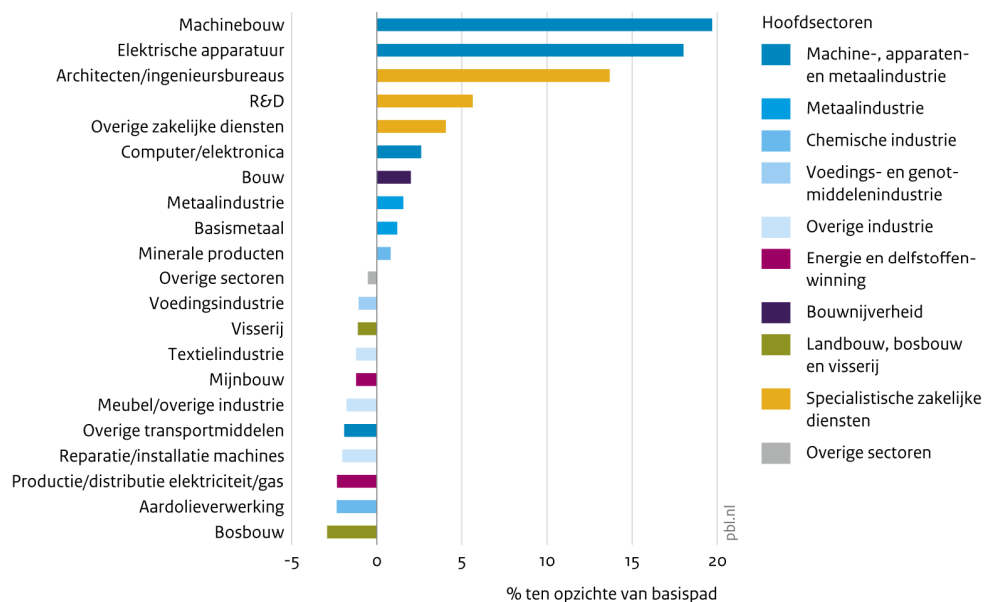
De Indicator Toekomstige Knelpunten in de Personeelsvoorziening naar Beroep (ITKB) reflecteert de verwachte spanning naar beroep. De ITKB geeft de kans weer dat de gewenste personeelssamenstelling naar opleiding binnen beroepsgroepen gerealiseerd kan worden, rekening houdend met het verwachte aanbod per opleiding. Bij de berekening van de ITKB is rekening gehouden met het verwachte aanbod van scholieren met bijbanen.

## Bijlage 4 Verandering in vraag naar arbeid in 61 sectoren

De grootste veranderingen vinden plaats in een beperkt aantal sectoren. De sectoren in de laat de verandering zien in de tien sectoren met de grootste toe- en afname. Alle overige sectoren zijn samengenomen tot één sector.

Figuur B.2

Verandering in vraag naar arbeid bij energietransitiescenario, 2022



Bron: PBL

## Bijlage 5 Prognoses naar beroepsgroepen

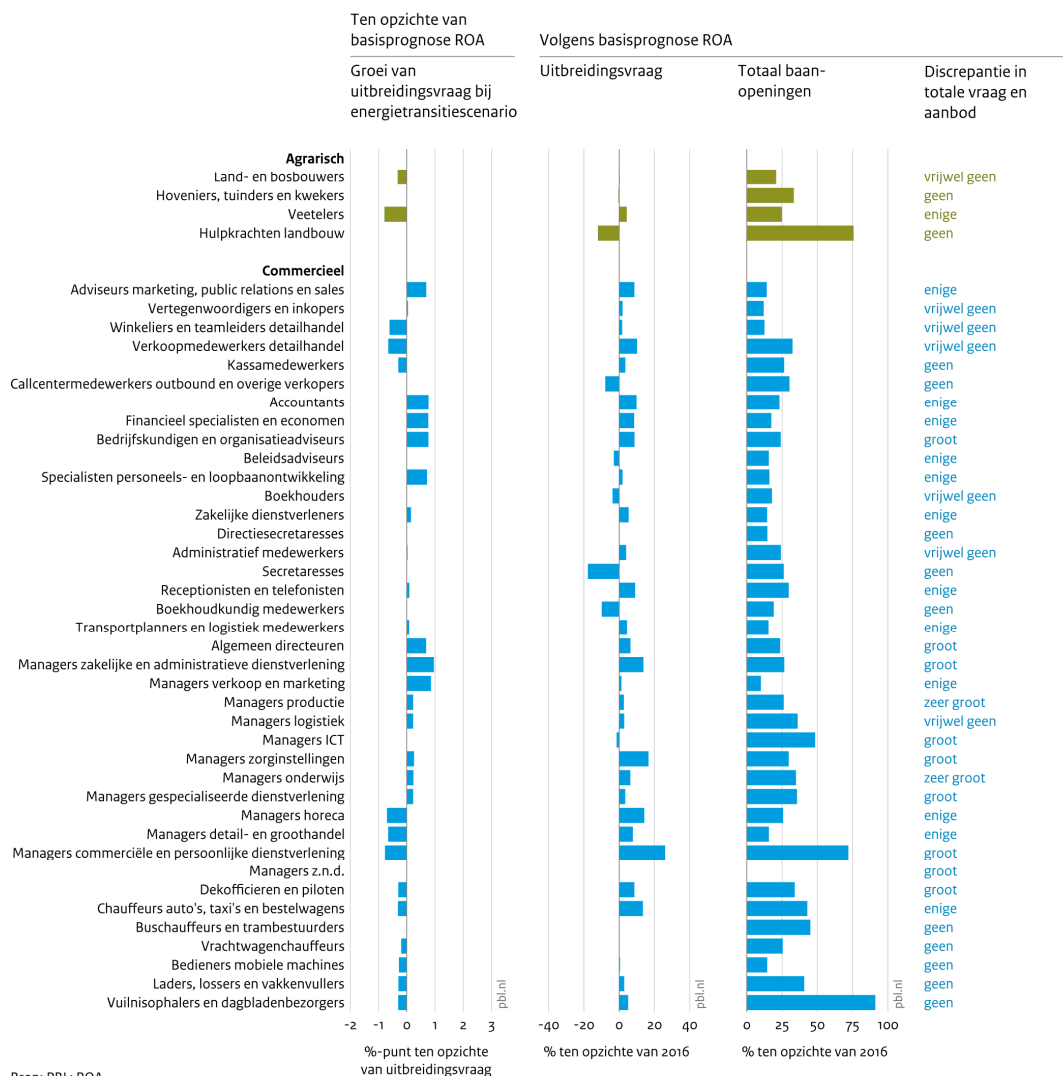
Figuur B.3a

Verandering in baanopeningen en mate van knelpunten per beroep, 2016 – 2022



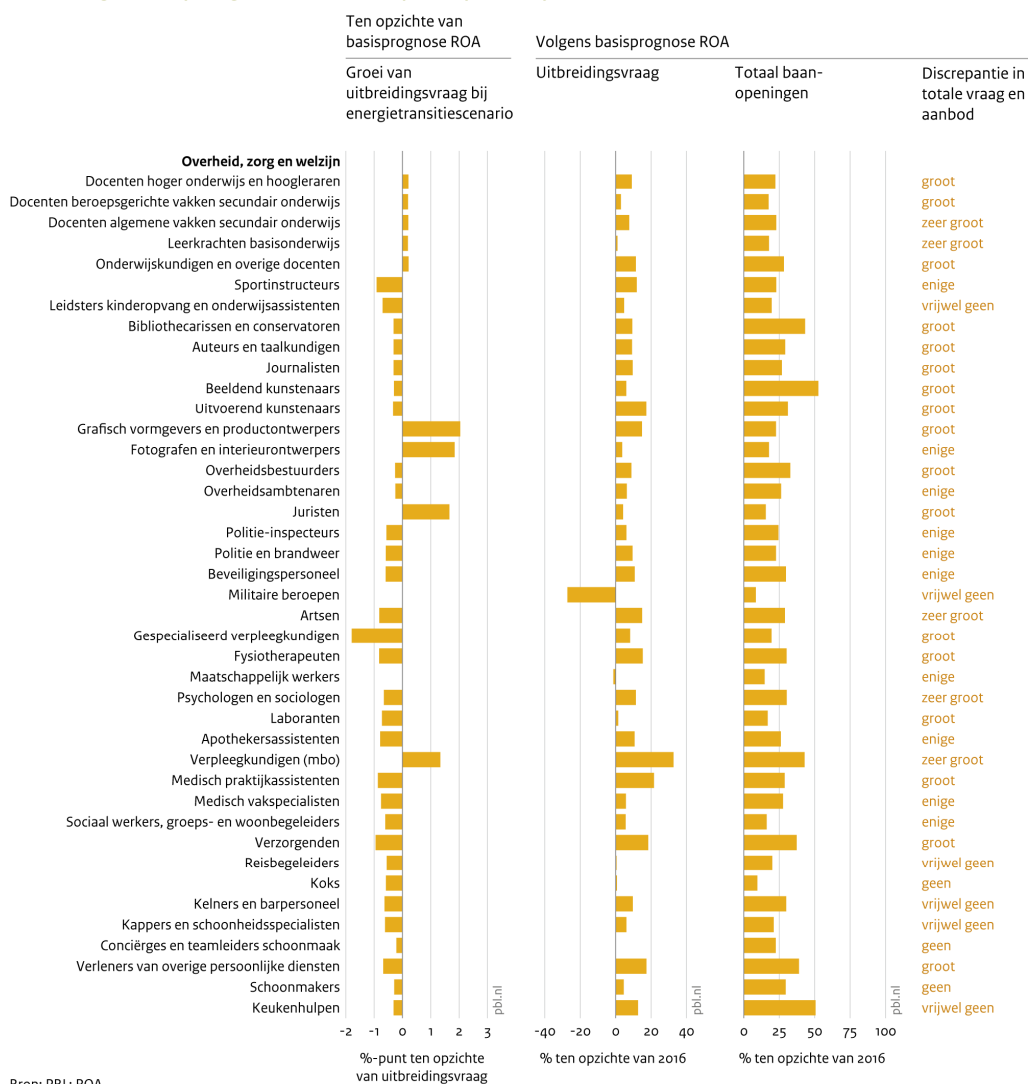
Figuur B.3b

Verandering in baanopeningen en mate van knelpunten per beroep, 2016 – 2022



Figuur B.3c

Verandering in baanopeningen en mate van knelpunten per beroep, 2016 – 2022



## Bijlage 6 Prognoses naar opleidingsniveau

Figuur B.4a

Verandering in baanopeningen en mate van knelpunten per mbo-opleiding, 2016 – 2022



Figuur B.4b

Verandering in baanopeningen en mate van knelpunten per hbo- en wo-opleiding, 2016 – 2022





# Literatuur

- Acemoglu, D. & P. Restrepo (2019), Artificial Intelligence, Automation and Work. In: A. Agarwal, J. Gans & A. Goldfarb (eds.) *The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda*. National Bureau of Economic Research Conference Report. Chicago: University of Chicago Press.
- Bertrand-Cloodt, D. (2010), Evaluatie uitbreidingsvraag en indicator toekomstig arbeidsmarktperspectief (ITA) tot 2008, ROA-TR-2010/6, Maastricht: ROA.
- Cameron, L. & B. van der Zwaan (2015), Employment factors for wind and solar energy technologies: A literature review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 45 (May 2015): 160-172.
- CBS (2015), *Methodebeschrijving NEV 2015: economische indicatoren energievoorziening*. Den Haag/Heerlen: CBS.
- CPB (2017), *Centraal Economisch Plan 2017*. Den Haag: CPB.
- CPB/PBL (2018), *De werkgelegenheidseffecten van fiscale vergroening*. Den Haag: CPB/PBL.
- Chateau, J. & A. Saint-Martin (2013), Economic and employment impacts of climate change mitigation policies in OECD: A general-equilibrium perspective, *International Economics*, 135-136 (October-December): 79-103.
- De Grip, A., G. van Bruegel, J. Coenen, D. Fouarge & S. Dijkman (2008). *Technici gezocht*. Rapport voor FME-CWM.
- De Grip, A., B. Belfi, D. Fouarge, A. Künn-Nelen, T. Peeters & D. Poulissen (2019, te verschijnen), *Levenslang leren en competentieontwikkeling*, ROA-R-2019/3. Maastricht: ROA.
- Dupuy, A. (2009), An evaluation of the forecast of the indicator of the labour market gap, ROA-TR-2009/3. Maastricht: ROA.
- Fouarge, D., J. Bakens & I. Bijlsma (2018), Aansluiting Technisch Onderwijs en de Arbeidsmarkt, ROA-TR-2018/6. Maastricht: ROA.
- Fragkos, P. & L. Paroussos (2018), Employment creation in EU related to renewables expansion, *Applied Energy*, 230: 935-945.
- ILO (2018), *Greening with jobs – World Employment and Social Outlook 2018*. Geneva: ILO.
- Koelemeijer, R., J. Ros, K. Schure & J. Matthijsen (te verschijnen), *ENSYSI a simulation model for the Dutch energy system*. Den Haag: PBL.
- Koning, M., N. Smit & T. van Dril (2016), *Energieakkoord – Effecten van de energietransitie op de inzet en kwaliteit van arbeid*. Amsterdam: EIB.
- Kuiper, N., J. de la Croix & G. Wiggers (2017), *O&O-fondsen en bredere inzetbaarheid van werknemers*. Paper t.b.v. de Nederlandse Arbeidsmarktdag 12 oktober 2017. Den Haag: SZW.
- Künn-Nelen, A., D. Poulissen, P. van Eldert, D. Fouarge & A. de Grip (2018), *Leren onder werkenden met een kwetsbare positie op de arbeidsmarkt*, ROA-R-2018/5.
- Ligtvoet, A., A. Pickles & J. van Barneveld (2016), *Kwalitatieve impact van het Energieakkoord op werkgelegenheid*. Amsterdam: Technopolis.
- Montizaan, R. (2009), *Evaluatie vervangingsvraagprognoses naar opleiding en beroep*, ROA-TR-2009/1, Maastricht: ROA.
- Mundaca, L. & A. Markandya (2016), Assessing regional progress towards a 'Green Energy Economy', *Applied Energy* 179:1372-1394.
- OECD (2017), *Employment Implications of Green Growth: Linking jobs, growth, and green policies*. Paris: OECD.
- ROA (2017), *De arbeidsmarkt naar opleiding en beroep tot 2022*. Maastricht: ROA-R-2017/10.
- ROA (2018), *Actualisering AIS en ROA prognoses tot 2022*. Maastricht: ROA-F-2018/19.

- Souren, M. (2016) Redenen om niet actief te zijn op de arbeidsmarkt. Sociaaleconomische trends 2016/05. Den Haag/Heerlen: CBS.
- Schoots, K., M. Hekkenberg & P. Hammingh (2016), De Nationale energieverkenning 2016. ECN-O—16-035. Petten: Energieonderzoek Centrum Nederland.
- Schure, K.M., F.H. de Haan, P.A. Boot, C. Boendermaker & J.J. Geelhoud (2017), Investeren energietransitie en financierbaarheid. Uitdagingen met betrekking tot investeringen 2020-2040. Den Haag: PBL.
- SER (2017), Leren en ontwikkelen tijdens de loopbaan: een advies over postinitieel leren. Den Haag: SER.
- Sooriyaarachchi, T.M. & Tsai, I-T. & El Khatib, S. & Farid, A.M. & T. Mezher (2015), Job creation potentials and skill requirements in, PV, CSP, wind, water-to-energy and energy efficiency value chains, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52(C): 653-668.
- Thissen, M., Lankhuizen, M. B. M., van Oort, F., Los, B., & D. Diodato (2018). EUREGIO: The construction of a global IO DATABASE with regional detail for Europe for 2000-2010. (TI Discussion Paper Series; Vol. 18-084/VI). Amsterdam: Tinbergen Institute.
- Weterings, A., O. Ivanova, D. Diodato, M. Lankhuizen, M. Thissen, K. Schure & R. Koelemeijer (2018), Effecten van de energietransitie op de regionale arbeidsmarkt – een quickscan. Den Haag: PBL.
- Wieling, M. & L. Borghans (2001), Discrepancies between supply and demand and adjustment processes in the labour market, *Labour*, 15: 33-56.
- M. Wieling, A. de Grip & E. Willems (1990), Een systematische kwalitatieve typering van arbeidsmarktinformatie, ROA-W-1990/8. Maastricht: ROA.